MANUALE
DI FISICA

OSSIA

COMPENDIO DEGLI ELEMENTI DI QUESTA SCIENZA

DI C. BAILLY

MEMBRO DELLA SOCIETÀ LINNEANA DI PARIGI, E DI MOLTE ALTRE ACCADEMIE,
ALLIEVO DE' SIGG. ARAGO, BIOT, E GAY-LUSSAC

CORREDATO DI NOTE, ED AGGIUNTE MATEMATICHE

Da T. Richard

VERSIONE ITALIANA

SU LA QUARTA EDIZIONE PARIGINA

DI

G. Costritto e L. Gilla figlio.

NAPOLI

DA' TORCHI DEL TRAMATER

Largo S. Gio: Maggiore n.° 30.

1830

Ai Leggitori.

Il piano di quest'opera, e l'oggetto cui mira vengono dichiarati dall'Autore nel suo Articolo Preliminare non che nella sua Introduzione: inutil fia dunque il ripeter qui la stessa cosa.

Noi abbiamo creduto che le circostanze medesime che han determinato il Sig. Bailly a pubblicar questo lavoro, trovinsi esistenti ovunque non che nella nostra contrada: di quì la ragione che ci ha indotti a traslatarlo in Italiano. Ed ove pongasi mente che in quest'opera si contengono novità tali in fatto di Fisica, che indarno cercherebbonsi nei Trattati finora pubblicati, ove riflettasi che le materie vi sono esposte in maniera che ognuno può di per sè stesso intenderle, potremo augurarci per essa il medesimo favorevole accoglimento che su la Sen-

na ha riscosso. Quanto a noi, abbiamo stimato opportuno l'aggiugnervi alcune annotazioni, specialmente di quelle, che possano risguardar il nostro paese.

I Traduttori.

Le note dell'Autore non han segnatura: quelle del sig. Richard son sottoscritte con le lettere T. R.: le altre apposteyi da noi portan la cifra — *I Tradutt.*

ARTICOLO PRELIMINARE.

L'uomo, innanzi di cominciare a riflettere, quando la sua ragione tuttavia avviluppata fra le nuvole dell' ignoranza, e vacillante fra l' incertezza della prima età, si abbandona a le prime impressioni dei sensi, rimane colpito da stupore a la vista di quanto succede a sè d' intorno: la grandezza, la moltiplicità, la varietà infinita de' fenomeni naturali, confondono la sua immaginazione, ed egli crede non poter allora far altro che prostrarsi d' innanzi a ciò che lo sorprende, che contemplare quanto di ammirazione il riempie. Ma man mano che il suo spirito si abitua a la meditazione, lo studio attento dei fatti e delle loro relazioni gli fa riconoscere ordine, ove prima appariva effetto sol dell' azzardo, concatenazione ove per lo innanzi non se ne ravvisava alcun segno; e distinguendo allora l' azione di una cagione che continuamente opera con fine determinato, si accorge che con istudiare la natura penetrar si può a la cognizione di alcuno de' suoi segreti, e che da ricerche di tal fatta derivar potrà copiosa sorgente di applicazioni utili, non men che di curiose ed importanti spiegazioni.

Lo studio della natura comprende quello di tutt' i corpi che ci circondano, a cominciare da noi medesimi, quello di tutt' i fenomeni che di continuo si rinnovano sotto i nostri occhi, la spiegazione dei movimenti e delle rivoluzioni degli

astri che riempiono l' Universo, del Globo che abitiamo, degli esseri che popolano la sua superficie. Ad ogni uomo dunque debbe importare lo studio della natura; a nessuna classe, a nessuna condizione può dirsi estranio, dappoichè tutti ci troviamo circondati da agenti naturali, da' quali convien preservarci, ovvero trar profitto. Colui che cerca di appagare la sua curiosità, estendere i limiti delle sue cognizioni, sfuggire le cagioni di errare, non men che lo scienziato che adoprasi a conoscere quello ch' è per saper quello che debb' essere, aver debbono premura a conoscere le vere cagioni di tutto ciò che al loro sguardo si para, per soddisfare ad un bisogno dello spirito, per prevedere fin ad un dato punto ciò che dovrà accadere, posto mente a quello che in circostanze consimili è accaduto, per premunirsi ancora da equivoci pericolosi, in fine per non lasciarsi in preda a cieca ammirazione, od a terrori mal fondati.

Che se lo studio dei fenomeni naturali è a tutti importante, se non pure indispensabile, avvene poi altro che maggior diletto ne rechi? Se i poeti e i romanzieri sanno non solamente attirarsi la nostra attenzione, ma benanco allettarci, commuoverci con la descrizione delle scene di ogni genere che ci rappresenta la natura nelle sue produzioni, ne' suoi contrasti, nelle sue relazioni; con la narrazione delle scene ridenti o selvagge, amene o terribili che vi si succedono, qual' attrattiva trovar non dobbiamo a la soluzione di tante quistioni importanti non meno che curiose, a la spiegazione di tanti fenomeni grandiosi, singolari, ed anche a prima vista bizzarri? Se non conviene di sporre nozioni di tal fatta con istile immaginoso, se in materie consimili, l' uso della poesia, e dello stile descrittivo è sempre un' abuso, la ricchezza però

del soggetto, l'importanza dei fatti che spiega, delle cose che racconta, delle nuove idee che fan nascere non bastan forse a compensare la semplicità dell'espressione, a fissare l'attenzione del più distratto, a commuovere vivamente il nostro animo al pari delle avventure di un eroe fittizio, o della storia stessa molto incerta dei tempi già scorsi?

Adunque lo studio della natura è necessario e dilettevole. Chè nei tempi di barbarie, in cui i soli mezzi di distruzione e di servaggio eran dominanti, fosse stato posto in non cale tuttociò che sublima il pensiero, che aggrandisce la sfera di attività dell'ingegno dell'uomo, era questa conseguenza dello stato sociale di allora, ma oggidì che l'istruzione è addivenuta più ch'unque mai la misura del merito delle persone, e del grado di stima che gli si debbe accordare, come ignorar potrebbe colui che si propone figurare nel mondo la cagione ed i principali effetti di quanto esiste a sè d'intorno? La scienza si estende sempre più di giorno in giorno: si elevano dotte discussioni là ove non molto prima le pure futilità tenevano occupato lo spirito; in una parola, l'impulsione di tutte le idee verso le scienze positive è grande a segno che ignorandole non si può non rimanere estraneo a ciò che tien fissata l'attenzione universale. Noi progrediamo a gran passi verso l'epoca, in cui sarà tanto vergognoso il non possedere una tintura, almeno superficiale, delle scienze fisiche e naturali, quanto lo sarebbe al presente di non saper leggere e scrivere.

D'Aguesseau, che nell'educazione di suo figliuolo prescrive quella del magistrato perfetto, dell'uomo di mondo tal quale dovrebb'essere, vuole che le sue cognizioni fossero universali; se lo studio delle leggi esser debbe il principale pel giu-

reconsulto, non però, a suo dire, assorbir debbe esso solo tutta quanta la sua attenzione; non vuole che, uscito fuora del suo gabinetto, ed in mezzo a le altre classi della società, ridotto sia a serbar silenzio. Egli sapeva pur troppo che soltanto la moltiplicità delle cognizioni può fare acquistare generalità nelle idee, fermezza nel giudizio, prontezza nel colpo d'occhio; e questi suoi precetti appunto noi abbiam proccurato seguire nel distendere il presente lavoro. Consigli tanto savi, tanto importanti non potevano restare infruttuosi, quindi a poco a poco si è pervenuto a considerare lo studio delle scienze qual complemento necessario dell'educazione; finalmente anche l'istruzione pubblica in Francia ha sancita questa verità, annoverando le scienze fisiche fra i soggetti degli esami dei candidati al baccellerato.

Ma la sfera delle conoscenze s'ingrandisce di giorno in giorno; all'uomo è impossibile abbracciarne l'intera estensione, ed approfondirla nel tempo stesso; tutta la durata della vita sarebbe insufficiente a percorrere una carriera tanto immensa. Ognuno dunque, secondo il proprio gusto, e la posizione rispettiva sceglie l'argomento che debbe constituire lo scopo principale delle sue ricerche e de' suoi lavori, l'occupazione essenziale ed utile di sua vita; questo in preferenza approfondisce, ne forma obbietto delle sue meditazioni e delle sue indagini; attende a conoscere tutte le opinioni, tutti gli scritti a' quali abbia dato origine; in una parola ne percorre tutt' i particolari. Ma debb' egli limitarsi a questo studio speciale, e trascurar poi tutte le altre conoscenze? Potrà mai essere in istato di pervenire a saper altamente di una scienza, senza slanciare lo sguardo su le altre? Da Bacone in poi si è soventi ripetuto, ed

ormai è addivenuta verità triviale, che tutte le cognizioni umane constituiscono una grande catena composta di anelli intimanente uniti, di cui non puossi trovare nè principio nè fine. Colui che vuol limitare le sue occupazioni ad una sola scienza, non per questo non è nel dovere di percorrere rapidamente tutte le conoscenze che han relazione più o meno remota con essa. Che cosa sarebbe mai il medico, il coltivatore senza il sussidio delle chimiche conoscenze? Nient' altro che un pratico cieco, incapace di uscire esso stesso da le rotaie del cammino additatogli. Che addiventerebbono il marinaro, il militare nei loro lunghi viaggi, in climi appena conosciuti, senza il soccorso dell' astronomia che dirige il loro corso, della storia naturale che loro insegna i mezzi onde sovvenire a la sussistenza? Finalmente chi mai potrebbe trascurare le leggi della fisica, di questa scienza che fa conoscere le azioni, le forze, le influenze, i cambiamenti de' corpi, coi quali siamo continuamente in contatto immediato?

Ciò posto come spiegare che sommi uomini per dottrina, e fra gli altri uno di quelli che hanno fatto fare a la fisica importanti progressi (1), abbiano potuto proscrivere i libri elementari, ed abbiano osato di negare l'utilità, i vantaggi, financo la necessità de' compendi? Quanto non debbe dispiacere che questi dotti non addicano qualcuna delle loro vigilie a la sposizione elementare della scienza, per iniziare il volgo ai loro dotti lavori? Gli è forse mestieri per essi di farsi scudo di misteri, e di dirigere il lor linguaggio agli adepti soltanto? Forse che in tal modo operando

(1) *Biot*, nell'Introduzione al suo trattato elementare di Fisica — *I Tradutt.*

credono essi di rendersi utili? Giacchè dunque serbar vogliono silenzio su questo proposito, spetta ai loro allievi di riempir tal lacuna, per quanto lo permettono le loro forze. Imbevuti dei precetti di questi sommi maestri essi debbono adoperarsi a mettergli a portata di tutti, a far godere il mondo intero de' loro lavori e delle loro scoperte. Se colui che aggrandir vuole il campo della scienza, constituire dello studio della fisica la sua principale occupazione, non trovasse soddisfacenti opere di tal fatta, che si ricordi non essere state scritte per essi, ma essere destinate a dare agli altri idea esatta di questa scienza, offrendo loro un compendio di quanto di più importante essa comprende; sappiano che lo scopo cui mirano è di permettere che niuno restar possa ignorante della spiegazione de' fenomeni che incessantemente si riproducono sotto i nostri occhi, e infine di contribuire a far gustare per qualche poco le scienze, ed a farle coltivare più universalmente. Nè si creda già che la scienza esposta sotto un tale aspetto, spogliata delle particolarità troppo tecniche, e del linguaggio matematico, diminuisca la profondità delle idee ed arrechi un colpo mortale al vero sapere. Quelli che si trovano nella posizione di potere e volere approfondire la scienza, non si contenteranno di generalità, vorranno anche sapere le particolarità dei fenomeni, i corollari de' principi, le pruove di quanto hanno imparato; potranno però giovarsi degli elementi come guida che loro indichi i fonti più abbondanti ove possano ricorrere. Coloro poi che conciliar non possono le occupazioni abituali con uno studio profondo delle scienze che niuna o quasi niuna relazione hanno con quelle, indarno potran consultare opere voluminose, astratte, che richiedono forte attenzione; essi preferiranno piut-

tosto di restare ignoranti anzichè comprare la scienza a sì caro prezzo, quando anche avessero tempo sufficiente per dedicarvisici : e non pochi in queste circostanze ritrovansi. È scopo dunque di questi elementi l' offrire un compendio della fisica, nel modo che questo vocabolo è limitato, sviluppato, definito nella Introduzione. Dare a le persone di mondo, a quelli che dirigono le loro ricerche verso un' altro ramo dell' umano sapere, a tutti coloro che vogliono avere una tintura della scienza, un idea molto esatta, una spiegazione bastantemente compiuta dei fenomeni naturali, e ciò con esporre possibilmente chiare e semplici le materie, senza il soccorso delle matematiche, appoggiandosi unicamente al ragionamento ed all' esperienza, è questo lo scopo costante de' nostri sforzi.

Abbiamo anche sperato di renderci utili ai giovani singolarmente con offrir loro un Manuale atto a dirigerli per la buona strada, somministrandoli la guida che loro indicherà le migliori sorgenti, ove ricorrere. Potranno anche considerar questo sommario qual' analisi de' corsi che seguono, e risparmiarsi così la pena di raccoglier note, lavoro indispensabile senza tal soccorso, ma che non va esente da inconvenevoli, dappoichè sovente fa mal comprendere l' espressione del professore, e può anche qualche volta condurre a sbaglio pei frequenti errori che ne risultano. Da ultimo, mercè di questi elementi, tutti coloro che debbon suggettarsi ad esame che versa su le sole generalità della scienza (1) potranno prepararvisi in modo più sollecito men penoso, e forse meno spiacevole ancora.

Finalmente, non ostante l' estrema concisione, ci siamo adoperati a rendere questo piccolo trattato

(1) Come in quello di baccelliere in belle lettere.

di fisica presso a poco generale, ed a comprendervi lo stato attuale della scienza in tutt' i suoi rami a la meglio possibile compiuto. Se ai limiti dello spazio si son dovuti sacrificare i particolari e le applicazioni, ci siamo però ingegnati a mettere il leggitore attento in istato di vederli naturalmente emergere dai princìpi generali, e di darne, senz' altro, la spiegazione. Numerose figure serviranno all' intelligenza del testo, e daranno anche idea de' principali instrumenti e delle macchine più di frequenti adoperate in fisica. Abbiam soprattutto considerato come nostro dovere lo esporre la scienza tal quale oggi si trova nell' animo de' dotti che la coltivano, e non già qual si trova esposta in taluni libri editi da qualche anno, ossia abbiam curato di mettere questo compendio a livello delle più recenti scoperte. Per es.: trattando della luce abbiamo applicata la nuova teorica delle vibrazioni a tutt' i fenomeni che offre; sventuratamente è questa un' esposizione troppo compendiata, è però interamente nuova, dappoichè tal teorica è stata sviluppata a porzioni sovente indipendenti le une da le altre, in memorie separate, da differenti scienziati, ed in nessun' altra parte si è adoperato ad applicarla compiutamente a la spiegazione de' fenomeni del calore e della luce. Forse questa parte del nostro lavoro sarebbe stata creduta in certa guisa importante, se avessimo potuto darle tutto lo sviluppamento che merita la fondazione di una nuova teorica, se avessimo potuto corredarla delle numerose pruove, delle moltiplici analogie le quali le danno apparenza di verità, se soprattutto fossimo stati capaci di esporla in quel modo che si conveniva.

INTRODUZIONE

Allo Studio della Fisica.

Lo studio della fisica, star volendo all' etimologia, abbraccia lo studio dell' intera natura (1); e così appunto l' intendevano gli antichi, i quali basando le scienze su la loro immaginazione e sull' osservazione superficiale piuttosto che sull'analisi approfondita dei fenomeni, sostenuta da sperienze e dall' esame severo della ragione, non si spaventavano di comprendere l' intera natura negli slanci immensi de' loro pensamenti. Perciò la loro fisica consisteva piuttosto in tanti sistemi di cosmologìa co' quali si adoperavano a spiegare la natura delle cose e quanto accade d' intorno a noi mercè di supposizioni anzichè di ricerche su le proprietà dei corpi. Per questo in Talete, Pitagora, Democrito altro non troviamo se non idee specolative su la natura, rimestate a sistemi metafisici, ed accompagnate quasi all' azzardo da talune illazioni dedotte da fenomeni mal' osservati, e per conseguenza più o meno erronee. Lo stesso Aristotele, ch' è senza dubbio il primo fisico, come anche il primo naturalista ed il primo filosofo dell' antichità, nella sua fisica dimostra che gli antichi ignoravano la maggior parte dei fenomeni, lo studio e la spiegazione de' quali formano il dominio di questa scienza. Per non parlare dei fenomeni del suono, della luce, dell' elettricità, del magnetismo, sui quali avevano nozioni tutte false, o per dir meglio nulle, l' idea del pieno e del vòto, la gravità e la pressione dell' aria (2), la formazione dei vapori acquosi, gli effetti della variazione di temperatura su i corpi, ossia la loro dilatazione e 'l loro restrignimento, e molte altre parti della scienza che ora sono tanto ben osservate, quanto chiaramente spiegate, erano intieramente ignote a quel popolo greco, che, ne' prodotti dell' immaginazione, nella poesia, nell' eloquenza,

(1) Dal greco φυσις, *natura.*
(2) La gravità dell' aria dimostrata da Galileo era stata sospettata da Aristotile. — T. B.

nelle belle arti ci ha lasciati tanti modelli. Sieno dunque gli antichi obbietto di studio dei letterati e degli artisti, chè gli scienziati troveranno presso i moderni una miniera feconda di ricchezze fisiche.

Quando l'Europa incominciò a risorgere dall'oscurità del medio evo, taluni medici naturalisti furono i primi che tentarono di far rinascere le scienze fisiche; ma, da una parte, sviati dagl'insegnamenti e da la strada battuta dagli antichi, dall'altra parte tuttavia inbevuti delle idee ridicole dell'astrologìa e dell'alchimia, questi primi scienziati fondarono anche sistemi sul suolo mobile delle ipotesi e co' fragili materiali che ritrassero da la sola loro immaginazione. Finalmente l'impulsione de' grandi ingegni, tal che Bacone e Descartes, fece mutar faccia a la scienza; si abbandonarono le idee sistematiche per attenersi a ricerche sperimentali; si sentì il bisogno di accumulare osservazioni per dedurne conseguenze, accumular fatti per vederne scaturire leggi generali: in una parola per lo spirito umano incominciò un'era novella.

In quest'epoca di rigenerazione Galileo scoprì le leggi della gravità, dimostrò che la terra gira, costruì i telescopi che un incògnito aveva scoperti, questi instrumenti ammirabili che ci fanno penetrare nell'immensità degli spazi; in quest'epoca medesima Torricelli, allievo di Galilei, inventa il barometro e dimostra il vòto: Keplero determina il cammino, la distanza, i rivolgimenti degli astri, ne riconosce le leggi. L'impulsione era stata già data, essa non poteva restare sterile; la scoperta dell'attrazione e di tutte le sue conseguenze ne fu il primo risultamento: questa scoperta (1) e gli ammirabili lavori sull'ottica e su la luce collocheranno Newton a la testa de' più illustri fisici, e resteranno sempre modelli di analisi e di studio; se le ipotesi, ch'egli stesso riconosceva per tali, possono ricever crollo, le sue osservazioni resteranno sempre quai testimoni del suo alto ingegno. È certamente questo dotto illustre che ha dato a le scienze la direzione veramente utile che hanno di poi seguitata; egli ha dimostrato che la ricerca dei fatti, l'osservazione dei fenomeni, l'esperienza, in una parola la via dell'analisi, era il cammino delle scoperte, e seguitando una strada tanto ben tracciata i dotti moderni han progredito a passi di giganti nello studio della natura, e sono

(1) Non già la scoperta dell'attrazione, ma quella delle sue leggi costituisce la vera gloria di Newton. — *I Tradutt.*

arrivati finalmente a fondare teoriche le quali poggiando sopra tutte le osservazioni e su la spiegazione che danno de' fatti conosciuti, sono guide che sollevano la memoria, facilitano lo studio, preparano le scoperte, prevengono finalmente le sperienze.

In fatti, i tempi sono mutati: nell' infanzia della scienza, i fatti osservati erano troppo poco numerosi per poterne constituire base di una qualche teorica probabile: fondar sistemi era lo stesso che far deviare lo spirito da la via che mena a le scoperte. Oggi che le osservazioni si accumulano, che i fatti si aggruppano, che si ligano mercè di relazioni che hanno fra loro, è necessario di formarne un insieme; farli darivare da taluni principi generali non è ormai più lo stesso che appoggiarsi sopra basi senza solidità, ma in siffatta guisa si propongono spiegazioni fondate su le relazioni delle cose, su le conseguenze dei fenomeni; si facilitano le scoperte, si accelera la soluzione definitiva del problema.

Passiamo ora a vedere come si divide lo studio della natura, affin di conoscere l' obbietto speciale della fisica; gitteremo quindi uno sguardo su la disposizione delle materie in quest' opera.

Tutte le scienze sono concatenate fra loro, ed in vano l' uomo, per facilitare lo studio della natura, le ha divise in molte sezioni ed ha tentato di fissarne i limiti in maniera positiva; le loro relazioni sono talmente intime, che per dedurle è indispensabile eseguire in ogni istante escursioni dall' una all' altra; e fuori dubbio soltanto quando si avranno percorse tutte potrassi avere cognizone profonda di una sola.

Non per questo la divisione delle scienze in molti dipartimenti è risultata men utile per rispetto a la facilità dello studio: i metodi, le divisioni, le classificazioni servono di riposo a lo spirito, fissano la memoria sui fatti e su le teoriche, facilitano la classificazione delle osservazioni, manuducono a le scoperte; sono mezzi, è vero, artificiali, ma che debbonsi rispettare, dappoichè sono indispensabili a la debolezza della nostra intelligenza. Gli è perciò che a misura che s' ingrandisce il campo delle scoperte, a misura che si ampliano i limiti di ciascuna scienza, vengonsi a stabilire nuove sezioni, di maniera che lo studio della natura, che dapprima dividevasi soltanto in tre rami, oggi ne forma forse più di venti che si studiano a parte, non ostante le intime, scambievoli rela-

zioni, non ostante la comune origine; e fuori dubbio ben tosto la fisica stessa formerà più scienze, che tratteranno a parte per es. della luce, dell'elettricità, del suono. Ma limitiamoci a le principali divisioni scientifiche, e, indicando lo scopo di ciascuna, vedremo quel che realmente è di pertinenza della fisica speciale.

Lo studio dei corpi che ci circondano, considerati nelle più intime relazioni, nelle proprietà che si manifestano soltanto fra molecola e molecola; i mezzi di mettere in moto o d'impedire gli effetti di cosiffatte azioni, delle affinità elettive, constituiscono la *chimica*: la storia naturale che classifica, descrive, studia i corpi organici ed inorganici, i corpi bruti e viventi, come pure la loro organizzazione, ha oggi ricevuta tanta estensione, ch'è impossibile trattarla sotto un così universale punto di vista: quindi, or si considerano i corpi bruti in grandi masse, e tali quali ci si offrono naturalmente; si ricercano le loro relazioni di soprapposizione, e per conseguenza di antichità, ed a far ciò mira la *geologia*; or di questi medesimi corpi si studiano le forme, gli aspetti, le proprietà elementari; si classificano per generi e famiglie, e la scienza si chiama *mineralogia*. Della stessa maniera si considerano gli esseri viventi, si dividono dapprima in due classi, vegetali ed animali, per suddividere ciascuna di esse in più altre classi: delle volte si ricercano le leggi dell'organizzazione e della vita, la constituzione e le funzioni degli organi delle piante, ciò che forma lo scopo della *fisiologia* e della *notomia vegetale*. Delle volte si ricercano le relazioni di questi esseri per classificarli naturalmente od artificialmente, per conoscerli, descriverli, per fissare la nomenclatura della scienza, ed è questo l'obbietto della *botanica*. Delle volte siffatti corpi si studiano per rispetto all'utilità od al piacere che possono offrire all'uomo, e la scienza si chiama *agricoltura*, *orticoltura*, ecc. Divisioni analoghe, ed anche più numerose offre il regno animale, in testa del quale figura lo studio dell'uomo, dapprima nella sua natura fisica, che comprende la *medicina* e tutte le scienze che ne dipendono; dappoi nella sua natura morale, che abbraccia la *filosofia*, la *metafisica*, la *psicologia*; nella sua condizione sociale, che comprende la *morale*, la *legislazione*, l'*economia pubblica*, ecc. ecc.

Per tal maniera si osserva che un passaggio insensibile manoduce da una scienza all'altra; si osserva che continuamente e da tutte le parti esse fan sortita su le loro.

vicine, e continuamente mille relazioni di connessione constituiscono dello studio della natura un sol tutto, un circolo immenso che si è costretto a percorrere interamente appena vi si è posto il piede. Ma altre scienze ancora offrono relazioni più intime con la fisica; queste talune volte si riuniscono sotto il nome di fisica generale, ma noi dobbiamo allontanarle dall'obbietto speciale delle nostre ricerche.

Lo studio dei corpi che popolano lo spazio, del loro cammino, della loro distanza, delle loro rivoluzioni, della loro constituzione e natura, delle azioni che spiegano su gli altri corpi e sul nostro globo in particolare, sono di pertinenza dell'*astronomia*. Lo studio dei fenomeni che accadono nell'atmosfera, delle modificazioni cui questa è soggetta, dei movimenti ch'eseguisce, forma la *meteorologia*. Quello de'fenomeni che appalesansi a la superficie del globo, delle rivoluzioni di ogni genere che vi succedono, è obbietto della *geografia* e dell'*idrografia*. Finalmente da una parte la scienza delle macchine, che abbraccia l'*idraulica*, l'*idrostatica*, e l'*aerostatica*, poggia su la *meccanica*, e n'è sviluppamento; mentrecchè da un'altra parte tutte le scienze fisiche delle quali abbiam parlato, richiedono aiuto ed offrono numerose applicazioni delle *matematiche*, che comprendono principalmente l'*aritmetica*, l'*algebra*, la *geometria*, il *calcolo differenziale* ed *integrale*.

Quest'analisi rapida, necessaria per fissare le idee su ciò che debbe constituire obbietto del nostro studio, e per dimostrare i punti di contatto della scienza che ci occupa con gli altri rami delle cognizioni umane, determina precisamente lo scopo della *fisica speciale*, e ci mette nella posizione di darne una definizione esatta: essa è adunque la scienza che studia e fa conoscere le proprietà generali dei corpi, e le azioni che reciprocamente esercitano gli uni sugli altri (1). Abbandonando dunque a la chimica le ricerche su le proprietà intime, su le affinità elementari dei corpi; lasciando a la storia naturale il far conoscere l'organizzazione, le funzioni, le relazioni degli esseri conside-

(1) Se l'azione reciproca de'corpi non fa loro mutar natura, lo studio de'fenomeni appartiene a la fisica. Se per lo contrario, quest'azion reciproca altera la natura dei corpi, se ne risultano nuovi composti, questo nuovo genere di fenomeni appartiene interamente a la chimica.

Del resto noi siamo di avviso che non si debbe mai aver fretta di definire una Scienza; innanzi di conoscerne gli elementi, è ben difficile intenderne esattamente la definizione, la quale poi diventa inutile dopo averla studiata. T. R.

rati come individui, la fisica comprende le proprietà generali della materia nello stato solido, liquido, fluido aeriforme, e fluido imponderabile; ricerca e studia i fenomeni e le leggi della loro azione e de'loro movimenti sotto questi diversi stati. Questa scienza è perciò la base di tutte le altre; è dessa il fondamento dello studio della natura (1). Se un ramo delle cognizioni umane è indispensabile a conoscersi, è sicuramente questo la fisica, dappoichè essa insegna la maniera di agire di corpi coi quali noi ci abbattiamo ad ogn' istante, a la cui influenza noi non possiamo sottrarci, infine che in ogni circostanza bisogna valutare, per ritrarne partito o per combatterne gli effetti. Volgiamo intanto uno sguardo al metodo che noi serberemo in quest' opera; in tal maniera faremo ancora una rapida sposizione di quello che comprende la scienza, e di quanto essa debba ai dotti che l' hanno illustrata coi loro lavori e con le loro scoperte.

Tutt' i corpi della natura posseggono certe proprietà, stan soggetti a talune forze, le quali offrouo delle modificazioni secondo il loro stato particolare, ma che però son loro comuni, e che per questa ragione si chiamano generali: noi le sporremo in un primo libro. Riconosceremo successivamente che i corpi sono materiali, che occupano uno spazio, che hanno una figura, per conseguenza sono estesi; noi citeremo esempi notevoli, che dimostreranno quanto sia grande la divisibilità di cui sono capaci, e quanto la forza di coesione che ritiene le molecole di talune di essi unite insieme sia anche energica, non ostante questa estrema divisioue: faremo vedere che due corpi non possono occupare contemporaneamente il medesimo spazio; per consegnenza che l' impenetrabilità è proprietà generale della materia, e che se in tante occasioui i corpi sembrano compenetrarsi, questo fenomeno vien prodotto da spostamento delle molecole, ed è pruova della porosità, val dire degl' intervalli vòti ch' esistono fra le molecole elementari; vedremo in seguito che l' elasticità, che dipende da le forze che animano i corpi e da la loro porosità, è anche una proprietà generale; essa servirà a darci talune

---

(1) E noi portiamo opinione che se si facesse apprendere ai nostri giovani un poco più di fisica e chimica ed un poco meno di greco e latino, un poco più di mattematiche ed un poco meno di metafisica, abituerebbonsi assai meglio le lor menti a quella logica severa, e diffidente cotanto necessaria in qualsisia genere di studio, massime poi in quello delle cose naturali. *I Tradutt.*

nozioni su la constituzione dei corpi e su le cagioni de' differenti stati sotto de' quali ci si offrono.

Siffatte proprietà sono semplici, facili a ravvisarsi ed a comprendersi; dovremo dunque trattarle brevemente; ma l'importanza de'fenomeni che ne risultano ci obbligherà a fissare più lungamente l'attenzione su quella proprietà in virtù della quale tutt' i corpi vengono attirati gli uni verso gli altri da irresistibile attrazione simpatica, e per conseguenza formerebbono una sola massa, se non vi fosse un principio repellente, il quale, mediante la sua presenza, le sue variazioni di energia nei corpi, i contrasti in cui si trova continuamente con la forza di simpatia, or vincitore, or vinto, mantiene da per tutto il movimento, l'organizzazione e la vita. Noi dunque studieremo in primo luogo le leggi dell' attrazione che ha luogo in distanza, vale a dire quelle della gravità e della caduta de' gravi, le variazioni che offrono, le macchine cui danno origine; in seguito ricercheremo gli effetti fisici dell' affinità ossia attrazion molecolare, ove sarà compreso lo studio de' fenomeni capillari e dell' attrito; noi c' ingegneremo a farne ravvisare le cagioni, esponendo la teorica scientifica dell'illustre autore della *Meccanica celeste*, come pure le conseguenze che ne deduce intorno a la constituzione probabile de' corpi.

L'inerzia è l' ultima proprietà generale che ci rimarrà da studiare; noi vedremo derivare da essa tutte le leggi del riposo e del moto; vi troveremo la spiegazione delle diverse maniere di agire delle forze motrici; della loro intensità, direzione, ciò che ci darà idea della velocità, del tempo e della sua misura, dell' equilibrio, de' moti semplici e composti, ecc., ecc.

Dopo di avere in tal guisa considerate le proprietà comuni a tutt' i corpi materiali, studieremo quelle che son loro particolari per ragione dello stato in cui si trovano. Adunque le proprietà de' corpi che possiamo toccare, pesare, misurare, e le azioni che ne dipendono saranno obbietto del secondo Libro. Noi ci occuperemo in primo luogo de' solidi, e dopo aver ricercate le cagioni delle loro aggregazioni delle volte regolari, delle volte irregolari, il che ne darà idea dell' intima disposizione delle molecole e della constituzione de' cristalli; dopo aver rivolto uno sguardo rapido su le differenze che presentano nelle loro proprietà più intrinseche, di maniera che potrebbonsi chiamare alcuni solidissimi, altri semi-solidi, ecc., farem co-

*

noscere le condizioni del loro equilibrio, e le applicazioni meccaniche che ne risultano; esporremo i mezzi per misurare il peso specifico, considereremo le leggi della dilatazione per opera del calore, del restringimento per opera del freddo, e vedremo finalmente che a misura che il calorico si sviluppa in essi, addiventano progressivamente meno solidi, e passano finalmente a lo stato liquido.

Occupandoci in seguito di questo stato de' corpi, dopo talune considerazioni su la liquidità, dimostreremo la compressibilità e l'elasticità de' liquidi; la loro dilatabilità, che ci manodurrà a la scoperta de' termometri, siccome la dilatabilità de' solidi ci avrà fatto scoprire i pirometri: le leggi dell'equilibrio e del moto dei liquidi, e de' corpi che galleggiano a la loro superficie o per dentro a la loro massa; la misura del loro peso specifico, che comprende l'areometria, constituiranno successivamente l'obbietto delle nostre ricerche. Finalmente, nel modo stesso che abbiamo veduto i solidi, per accumulo di calorico, mutare stato e divenire liquidi, vedremo del pari questi trasformarsi a poco a poco in vapori, e finalmente arrivati al termine in cui la loro forza elastica fa equilibrio a la pressione dell'atmosfera, cominciare a bollire, val dire ad impiegare tutto il calore del quale son penetrati a passare a lo stato di fluido aeriforme.

Di fluidi aeriformi ne riconosceremo due specie: taluni son permanenti, val dire che non possiamo farli mutare stato, e questi sono i gaz: gli altri si trasformano in liquidi sotto ai nostri occhi, e sono i vapori: ma già s'intende che siffatte proprietà sono soltanto relative ai mezzi che noi possiamo adoperare; dappoichè vedremo che i sigg. Davy e Faraday son pervenuti a liquefare fluidi aeriformi fin' a' tempi loro considerati come permanenti. Ma siccome noi considereremo i corpi soltanto per rispetto a le loro proprietà fisiche naturali, così adetteremo questa divisione de' fluidi elastici, e studieremo in primo luogo la formazione dei vapori, la loro tensione nel vòto o ne' gaz, finalmente il loro mescuglio nell'aria, ciò che constituisce l'igrometria (1). Osserveremo i lavori di due de' nostri più abili fisici far riflettere la più chiara luce su queste difficili materie. Nello studiare i gaz ci occuperemo in primo

---

(1) L'igrometria vien constituita soltanto da la valutazione del vapore d'acqua mescolato all'aria od ai gaz. Questo ramo della fisica non si occupa degli altri vapori. T. R.

luogo del peso dell'aria e della pressione dell'atmosfera, che, noi misureremo mediante il barometro, uno de' più importanti strumenti di fisica; cercheremo anche di misurare la densità di que' corpi leggieri che debbono necessariamente venir cacciati a la superficie del globo, vedremo che questi corpi, ne' quali non evvi legame d'affinità, godono come gli altri, ma in grado più eminente, della proprietà di farsi dilatare dal calore e ristringere dal freddo, finalmente che sono emiuentemente compressibili ed elastici, e ci serviremo di tali proprietà per construire le macchine pneumatiche, le trombe, gli areostati.

Proveremo il rammarico di non potere metter mano a lo studio della composizione, de' movimenti, delle variazioni dell'atmosfera, nel quale avrebbono potuto tanto ben guidarci le belle ricerche, le alte vedute di un illustre professore che arricchise di scoperte importanti tutte le scienze delle quali il suo alto ingegno cerca di dilatare i confini: non solamente il sig. Arago è uno de' più illustri astronomi, ma la fisica e la chimica gli van pure debitrici di progressi essenziali, e ne' suoi corsi egli partecipa a'suoi allievi il frutto delle sue scoperte. In più d' una occasione i suoi lavorirí c'illumineranno; ma, sotto il risguardo che ci occupa, essi appartengono a la meteorologia, scienza troppo vasta, e su la quale non possiamo diffonderci.

In questo secondo Libro considereremo finalmente l'aria ed i corpi come veicoli del suono; appena si produce uno scuotimento in un corpo elastico, che immediatamente e di parte in parte si propaga a traverso di tutt'i corpi circostanti ugualmente elastici, diminuendo d'intensità, e modificando la sua azione in ragione della densità, dell'elasticità, della natura dei mezzi che attraversa. Tali sono le considerazioni che ci manodurranno a la conoscenza della formazione, propagazione, trasmissione del suono, finalmente della natura e qualità de' suoni. Osserveremo la teorica dell'acustica già da lungo tempo stabilita sopra basi certe, ma principalmente debitrice a le belle ricerche di Chladni, svilupparsi ed acquistar sempre più certezza, pe' lavori di Biot, di, Savart, ecc.

Il terzo Libro sarà destinato agli agenti affatto distinti, che non si possono nè vedere, nè pesare, nè misurare, i quali perciò creder potrebbonsi immateriali, se non agissero su gli altri corpi con somma energia, con forza invincibile; son essi i fluidi imponderabili, nome col quale s'indicano gli agenti che sono la cagion prima del calo-

re, della luce, dell' elettricità e del magnetismo. Che sia immensa l'azion che esercitano sugli altri corpi della natura, che la loro presenza sia indispensabile a la conservazione ed al mantenimento dell' ordine ammirabile che regna nell' universo, tanto nel mondo inanimato, che nel mondo vivente, non potrà dubitarsene in vista de' loro effetti che si riproducono continuamente, dell' importanza delle funzioni che son destinati ad adempiere. Che forse sieno la cagione primitiva delle diverse forme che assumono i corpi, che sieno gli agenti principali dell' organizzazione e della vita, è permesso di pensarlo, riflettendo a la parte che sembran prendere in tutti questi fenomeni; ma che che ne sia, noi non potremo acquistar nozioni esatte sul loro conto studiandoli direttamente; la sola osservazione della loro maniera di agire, de' fenomeni che producono ci potrà servire di guida: felicemente questi effetti sono tanto sensibili, che le nozioni le quali acquistar potremo per questo mezzo intorno ad essi, non saranno meno compiute di quel che sarebbono se potessimo toccarli, pesarli, misurarli. È questo uno de' casi in cui l' ingegno umano ha fatto mostra di tutta quant'è la sua energia, e la fecondità degli suoi espedienti: a misura che cosiffatti esseri sembravano sottrarsi al suo impero, nuovi mezzi d' investigazione venivano a suggettarveli; a misura che la natura sembrava avvilupparsi ne'suoi più densi veli, l'uomo imparando a dirigere i suoi colpi con maggior sicurezza, perveniva a scoprire talune delle sue parti; e se attualmente essa tuttavia presenta l' ultima resistenza, una difesa incerta, ciò senza dubbio non servirà che a manifestar più compiutamente il trionfo di colui che perverrà a strapparle il suo secreto. Tutto indica che noi ci avviciniamo a lo scioglimento de'nostri dubbi su questo risguardo, e grazie ai lavori degli scienziati de' nostri tempi, che dirigono verso questo scopo gli energici loro sforzi, la cagione di tanti fenomeni importanti, quanto curiosi è sul di esserci rivelata.

In tale stato di cose, ci è sembrato che non ci fosse più permesso, anche in un' opera elementare, di camminar su la strada battuta dagli altri, e di esporre la scienza nello stato in cui si trova esposta ne' libri. L'opera che presentiamo è un compendio della fisica qual si trova per opera dei fisici moderni, qual si trova in questo momento, tal quale si è in diritto di esigerlo. Non sapremmo abbastanza attestare la nostra riconoscenza al sig. Arago, il

quale spargendo la chiarezza e 'l convincimento in tutto ciò che insegna, al pari che l' energìa del suo talento e l' immensità delle sue cognizioni in tutte le ricerche che imprende, ci ha comunicata l' idea ed i primi mezzi di adottare una teorica ch'egli sostiene col suo suffragio, che ha tanto contribuito a conciliarle l' attenzione de' dotti, della quale finalmente egli è uno de' creatori. È senza dubbio rincrescevole che un allievo si abbia assunto un tanto impegno, lo è ancora che tal nuova sposizione siasi tentata per la prima volta in un'opera elementare, in cui necessariamente dovrà esser troppo poco sviluppata; ma sarebbe stato un ingannare i nostri leggitori se avessimo lor presentata una teorica che incomincia a vacillare, ed avessimo ommessa quella che s' innalza su le sue ruine con tanta superiorità; e questa considerazione è stata bastante a toglierci ogni dubbio: questo tentativo d' altronde impegnerà a dirigere l'attenzione su questo novello studio; forse noi stessi cercheremo con un lavoro particolare a supplire all' insufficienza degli sviluppamenti che abbiam dovuto in questa circostanza produrre.

Considereremo dunque i fenomeni luminosi e calorifici elettrici e magnetici, come il risultamento delle diverse azioni di un medesimo fluido universalmente sparso nell' universo, ma suscettivo di acquistare taluni movimenti, di sperimentare talune modificazioni. Questo sistema, conceputo prima da Descartes, ed applicato a la luce da Huyghens e da Eulero, stato per lungo tempo sepolto per opera dell' alto ingegno e del gran nome di Newton, si chiama *teorica delle ondolazioni* ossia delle *vibrazioni*, e quello del celebre uomo che testè abbiam nominato si chiama *teorica della emissione*, ossia *delle emanazioni*. Il primo pareva essere stato interamente abbandonato quando il sig. T. Young, mercè di sperienze inesplicabili nell' altro sistema, lo richiamò all'attenzione degli scienziati. I fisici si affrettarono ad impossessarsi di questa nuova miniera di scoperte, ed i sigg. Arago e Fresnel per la luce, Ampère, Arago, Oersted, Becquerel e taluni altri per l' elettricità, con le loro belle scoperte, con lavori, e sperienze di ogni genere, seppero appropriarsi una teorica nata in altre mani, ma che fra le loro doveva fruttificare al di là di quanto potevasi sperare.

Studieremo prima il calore; ma riserbandoci la sposizione della teorica pel capitolo della luce, in cui potrà farsi più compiuta e soddisfacente, ci limiteremo a far co-

noscere i fenomeni, senza rimontare a le cagioni: farem quindi successivamente menzione delle diverse sorgenti del calorico; studieremo le leggi del suo sviluppamento e della sua propagazione ne'diversi corpi, tanto per contatto, quanto per irradiazione; faremo finalmente conoscere in quali circostanze una porzione di calore pare venire assorbita, pare combinarsi, addivenir latente, estinguersi, per ricomparire con intensità uguale, se abbia luogo un mutamento contrario. Intorno a questa tanto difficile materia non isfuggiranno a la nostra analisi le ricerche de' sigg. Lavoisier e de Laplace, Leslie, Berard e Laroche, e le recentissime ed importantissime de' sigg. Dulong e Petit.

Nello studio della luce, indicate le sue principali sorgenti, esposto il suo cammino, misurata la sua velocità, analizzeremo i fenomeni di diffrazione ossia d'inflessione de' suoi raggi, ne vedremo risultare la teorica delle interferenze del sig. Young, e dopo averla resa compiuta con l'esposizione de' belli lavori de' sigg. Fresnel ed Arago, dopo aver dimostrato ch'essa spiega compiutamente i fenomeni degli anelli colorati e delle frange alternativamente oscure e brillanti, ce ne serviremo per ispiegare tutt'i fenomeni della luce diretta, riflessa, rifratta; ci sforzeremo dimostrare ch'essa rende conto de'fenomeni della colorazione de' corpi in maniera probabile quanto semplice; finalmente compiremo quanto ci resta dir su la luce con la sposizione dei fenomeni della vista e con la descrizione de'principali strumenti di ottica, e termineremo dando un'idea della doppia rifrazione e della polarizzazione, che, secondo recentissime sperienze, sembrano arrecar novelle pruove in favore delle ondolazioni. Malavventurosamente non ci sarà concesso analizzare i lavori degli scienziati su questo immenso soggetto, ed avremo il dispiacere di non poter nominare i sigg. Malus, per così dire il primo fondatore di questo ramo della fisica, Arago, Biot e Brewster, dal cui zelo instancabile ha ricevuto tanto sviluppamento, e si è arricchita di tante scoperte.

Finalmente l'elettro-magnetismo assolverà lo studio della fisica. Oggi non è più permesso separare degli agenti tal che l'elettricità ed il magnetismo, de'quali è dimostrata l'identità; un'espressione comune doveva indicar dunque cosiffatte intime relazioni, questa perfetta omogeneità. Per nulla ommettere di essenziale in questa parte importante e curiosa della scienza, dopo di aver lanciato uno sguardo su le teoriche di Dufay, Symmer, Franklin,

per sapere quella che dobbiamo adottare, disamineremo in quali circonstanze i fenomeni si producono, per quali mezzi si è pervenuto ad impossessarsene, ad analizzarli, a misurarli; vedremo che il fulmine ed il tuono sono effetti energici, che noi possiamo imitare in piccolo co'nostri apparecchi, indicheremo i mezzi di guarentirsi da la loro pericolosa azione. La pila di Volta ci presenterà un mezzo possente di analisi chimica: i suoi effetti, che per lo passato si erano designati sotto il nome di galvanismo, ci somministreranno talune nozioni sull' elettricità naturale che manifestano moltissimi corpi in date circostanze: le scoperte di Galvani, di Volta, le più recenti di Davy, di Becquerel dovranno specialmente fissare la nostra attenzione. Finalmente i fenomeni delle correnti elettriche, che han fatto scoprire l'identità del magnetismo e dell'elettricità si attrarranno la nostra attenzione; e termineremo con la sposizione degli effetti della calamita e de'corpi calamitati, come anche del magnetismo del globo, che altro non sono se non risultamento di cosiffatte correnti eletriche esistenti tanto in taluni corpi, quanto nel globo terrestre, correnti che noi vedremo soggette a talune variazioni determinate, e senza dubbio a taluni periodi di rivolgimento. Quest' ultima parte della scienza, ch' è interamente mutata di aspetto da pochi anni in qua, è stata creata principalmente dai lavori de' sigg. Oersted, Ampère, ed Arago, ed intanto è di già pervenuta ad un grado di certezza e di perfezione, che sorprenderebbe, se non fosse risultamento ordinario delle ricerche che cadono nelle mani di dotti cotanto illustri e valenti.

MANUALE

DI FISICA.

LIBRO PRIMO

PROPRIETA' GENERALI DE' CORPI.

1. Spettà a la filosofia universale ed a la fisica generale ricercare mercè quali leggi primordiali, mercè quali proprietà l' ordine sorprendente che l' universo ci presenta siasi constituito, perfezionato, conservato da epoca in epoca, per indubitatamente pervenire dopo secoli a distruzione totale o parziale. A noi slanciar non conviene gli arditi nostri pensieri su le cagioni prime, le quali per esseri dotati, come noi siamo, della faccoltà di conoscere soltauto per paragone e per relazione, resteranno forse sempre viluppate fra densa nebbia, od almeno, per lo stato attuale delle cose, resteranno ancora per lungo tempo sotto l' impero delle supposizioni, delle ipotesi, de' sistemi. Forse ricerche cosiffatte potrebbono far riconoscere nella materia, nelle sue combinazioni, e nelle sue forme, proprietà più generali di quelle ohe immediatamente derivano dall' osservazione, e potrebbono conseguentemente condurre a la spiegazione di maggior numero di fenomeni naturali; ma, siccome abbiam veduto nell' Introduzione, tali discussioni sono state abbandonate a la filosofia speculativa, e le scienze che poggiano sopra fondamenta saldissime, val dire su la sperienza de' fatti e sull' osservazione de' fenomeni, si sono limitate a fissare quà e là in questo campo immenso pochi segnali, e fra loro tanto lontani che lo scienziato, il quale tentasse misurarne la distanza, non iscorgerebbe relazioni stabili, nè intime connessioni. I più dotti ed i più stimabili scienziati, quelli che maggiormente han contribuito a

far progredire le scienze con celerità, si sono indietreggiati all'aspetto di cosiffatte quistioni, curiosissime, lusinghevoli a lo spirito, ma troppo incerte per soddisfare a la ragione: finalmente le hanno severamente bandite fuora de' confini della fisica speciale, obbietto de' nostri studi. Noi dunque confortati dall' esempio de' Biot, degli Haüy, de' Gay-Lussac, ecc., nostre guide e nostri maestri, evitiamo, nell' introdurci in materia, siffatte quistioni tanto dibattute dai filosofi, risolute in tante diverse maniere. Limiteremo soltanto le nostre ricerche all' attenta osservazione dei fenomeni, ed a le conseguenze che ne derivano, nello studiare le proprietà più generali e più certe che i fisici moderni hanno riconosciute ne' corpi.

2. I nostri sensi ci fanno accorgere della presenza e dell' azione degli obbietti che ci circondano; la *materialità* dunque è prima proprietà generale de' corpi (1). È per noi inconcepibile un obbietto materiale senza figura, senza forma qualunque, che non occupi spazio o luogo, in una parola che non sia esteso: l' *estensione assoluta* che dà l' idea dell' infinito, l' estensione relativa che determina la figura dei corpi, sono dunque seconda proprietà generale. Ma ogni qualunque corpo che occupa uno spazio, per quanto si voglia piccolo, può necessariamente, almeno col pensiero, dividersi in più frammenti; la *divisibilità* dunque sarà la terza proprietà generale. Egli è evidente che due corpi non possono contemporaneamente occupare il medesimo spazio; ma d'altronde la sperienza stessa dimostra che i corpi non sono composti, da la riunione di materia continua ed omogenea, ma sono tutti più o meno crivellati da pori: dunque l' *impenetrabilità* delle molecole elementari, la *porosità* de' corpi composti, posson considerarsi quarta proprietà generale. I corpi composti essendo porosi, ne segue che se sieno compressi o distesi in qualunque maniera, avranno maggiore o minor tendenza a ritornare nel primitivo loro stato: dunque l' *elasticità* è anche proprietà generale; noi ne parleremo nel capitolo quinto. L' osservazione ha fatto riconoscere, che tutt' i corpi vengono gli uni verso gli altri sospinti da un' attrazione invincibile, tutti stan suggetti ad una forza che sembra inerente a la loro

(1) Il vocabolo corpo può considerarsi sinonimo di materia; corpo è la materia più difinita, è la materia sotto data forma. Or dire che la materialità è proprietà de' corpi, è un dire che la materialità è materia, ciò che sicuramente non è definizione. Dacchè noi possiamo concepire l'*estensione*, l'*impenetrabilità*, possiamo concepire la nozione di *materia*. T.R.

natura, non ostante che agisca diversamente modificata: l'*attrazione* e la *gravità* constituiscono dunque la sesta proprietà generale. Finalmente tutt' i corpi, gli uni rispettivamente agli altri, sono nello stato di riposo o di movimento, stato che dipende da la scambievole loro azione, da le circostanze tra le quali si trovano, da la natura della loro composizione, finalmente da una quantità di cagioni, le cui leggi sono applicabili in innumerevoli maniere nelle scienze e nelle arti, e la cui conoscenza è pel fisico necessaria quanto curiosa: il *movimento* (1) e l'*inerzia* saranno dunque la settima ed ultima proprietà generale dei corpi, che studieremo.

Ci è sembrato che si riferissero a le proprietà generali da noi esposte tutte le altre che taluni fisici hanno riconosciute, e che le prime sole fossero realmente distinte e separate: la *duttilità*, la *flessibilità*, la *coercibilità*, la *tenacità*, la *capillarità*, la *densità*, l'*attrito* ed altre troveran luogo nelle divisioni da noi assegnate.

CAPITOLO PRIMO.

MATERIALITA'

3. Gli antichi non meno che i moderni filosofi si sono divagati in discussioni poco filosofiche ed in vane sottigliezze, per tentar di conoscere non solamente qual sia l'essenza della materia, ma ben anche se l'esistenza ne sia ragionevolmente dimostrata. Due cagioni dovevano necessariamente smagarli in questo labirinto di supposizioni ed ipotesi, che ciascuno di essi architettava a gran costo per vederle poi rovesciate da' suoi avversari: la fiaccola della sperienza non li guidava, e cercavano di risalire a le cagioni prime, destinate forse ad esserci eternamente ignote. Quindi i veri osservatori della natura si guardarono dal seguitarli in cosiffatte vie oscure, e co' loro lavori si contentarono di sostituire a le supposizioni le osservazioni, a le ipotesi i fatti, ai sistemi le conseguenze delle sperienze, all'errore la verità.

Gli antichi filosofi greci già si erano occupati della

---

(1) Più esattamente si sarebbe detto essere la *mobilità* proprietà generale della materia, val dire che ogni corpo può essere rimosso, può venir costretto a lasciare il luogo che occupa, e ad occuparne altro nello spazio. Il movimento è dunque effetto della mobilità. L'inerzia farà conoscere come debba intendersi il riposo ed il movimento per rispetto a la materia. T. R.

quistione dell' esistenza della materia, e non potendo addurne per pruova diretta se non l' avvertire de' lor sensi, suggetti ad errare, parecchi fra loro dubitarono che la materia non fosse altro che apparenza. Questa opinione fu rinnovata da taluni moderni, e Buffon stesso, il grande Buffon non osò proclamarla assurda; ma la maggior parte, ammettendo l' esistenza della materia come sufficientemente dimostrata, si diede a nuove ricerche per determinarne l' essenza e la forma. Non imprenderemo già l' esame di tutt' i sistemi inventati a tale obbietto; dessi sono tanti quanti sono i dotti che su questo assunto hanno diritto, e ciò ne menerebbe assolutamente fuora de' limiti del nostro piano: d'altronde due soli godono tutta via di qualche favore appo i fisici moderni. L' uno, particolarmente adottato in Francia, considera i corpi qual' insieme di quantità di molecole infinitamente dilicate, che lasciano fra loro maggiore o minore spazio; l' altro, generalmente accreditato in Germania, risguarda i corpi come massa di materia continua, ma essenzialmente compressibile e dilatabile in virtù delle forze che agiscono sopra di essa.

4. Ma, ripetiamolo ancora, la fisica speciale debbe rigettare tali quistioni. Ogn' ipotesi che non poggi su la sperienza debb' esser bandita fuora de' suoi confini, eccetto il caso che potesse servire a rappresentare più chiaramente i fenomeni a lo spirito. Nello studio che ci occupa, l' osservazione attenta dei fatti avendo guidato a riconoscere che taluni corpi sembravano agire sopra di altri, comunicarli moto, suggettarli a la loro influenza, farli sperimentare mutamenti, il vero fisico, stando a queste cose che gli fanno osservare i suoi sensi, ha dovuto conchiudere che questi corpi fossero materiali, ma ha dovuto fermarsi là: ogni qualvolta la sperienza non gli dimostra il contrario, non debbe supporre che quel che vede e sente non esistesse, e fosse semplice apparenza.

I fisici dunque per corpo materiale intendono tutto ciò che manifesta la sua presenza mercè un azione qualunque, e con ciò eglino intendono soltanto esprimere i fenomeni; ma chi sa che probabilmente con questa troppo riserbatezza non si allontanino da la verità? Dappoichè, così facendo, eglino non materializzano forse i fluidi incoercibili, tal che la luce e l' elettricità, ed anche l' attrazione, che potrebbonsi considerare proprietà inerenti a la materia, modificazioni nello stato dei corpi, non già corpi distinti? Non è probabile che in natura esistano forze che non sieno

materia? Queste quistioni rimangono tuttavia insolubili non men che le suindicate, e questa parola *forza*, il cui valore è molto arbitrario, generalmente si adopera dal fisico a dinotare l'azione di agenti, di cui ignora la cagione, od a rappresentare proprietà incognite.

5. La materialità è la prima proprietà generale che le osservazioni ci fanno riconoscere ne' corpi: ma la materia, i cui aggregati son tanto diversi per figura, per azione, per proprietà, è dessa omogenea, è composta di elementi simili per natura, per forma? Oppure un dato numero di elementi forniti di diverse proprietà, di forme particolari, compongono con le loro svariatissime combinazioni tutt' i corpi che ci offre la natura? Ed in questo caso, qual' è il numero di questi elementi constituenti, quali sono le forme di queste molecole primitive? Senza impegnarsi a risolvere tali quistioni dilicate, e, come le precedenti, assai discusse, ma non rischiarate dai filosofi, quistioni che le scoperte della chimica moderna fanno almeno lusingare di veder distrigate, avvicinandoci di giorno in giorno al termine proposto, non ostante che questo sembri involarsi davanti ad esse, diamo piuttosto un' idea della maniera onde si è cercato rischiararle.

Gli antichi supponevano i corpi naturali composti di quattro elementi, terra, acqua, aria, fuoco; un esame troppo superficiale aveali fatta ammettere questa opinione, che, a prim' occhio, dimostra una qualche relazione fra lo stato de' corpi; ma essa non può reggere a la pruova dell' osservazion de' fatti, che anzi il loro spirito non ne avea concepita idea precisa. Se osservazioni profonde non abbisognarono per riconoscere che dessi proclamavano elementi i corpi i più composti, i più eterogenei, i più diversi ne' loro prodotti e nelle loro proprietà, abbisognarono però ricerche dotte quanto dilicate, sperienze ammirabili quanto difficili, onde i fondatori della chimica moderna pervenissero, scomponendo e ricomponendo i pretesi elementi di Aristotile, a surrogarli con corpi che sembrano semplici, almeno che resistono a tutt' i mezzi di analisi e di scomposizione. Nello stato attuale della scienza, si contano cinquantadue di questi corpi semplici, ed il numero va crescendo ogni anno, a misura che i lavori degli scienziati fanno scoprire nuovi processi, per diminuire indubitatamente quando questi processi si saranno anche dippiù perfezionati. Ma lo studio di questi corpi, e delle leggi della loro combinazione e scomposizione, appartiene interamente a la chimica: il fisico non debbe trattenervisi di vantaggio.

CAPITOLO II.

ESTENSIONE.

6. L'estensione è la seconda proprietà generale de'corpi: dappoichè, appena ammessa l'esistenza della materia e la materialità de' corpi, ne segue evidentemente che debbono occupare uno spazio qualunque ed avere forma determinata; e s'è possibile concepirsi che buoni ingegni sieno stati indotti da le conseguenze del loro sistema a negare l'esistenza della materia, ci sembra assurdo l'essersi potuto pensare che l'estensione non fosse essenziale a la materia: dire che possa esistere un corpo senza occupare spazio, è dire che possa contemporaneamente essere e non essere.

7. L'estensione, considerata astrazion fatta dei corpi che l'occupano, è lo *spazio assoluto*: dessa ci dà l'idea dell'infinito; dappoichè come ammettere un cominciamento ed un fine? Per quali limiti si può circoscrivere un essere astratto qual'è l'estensione assoluta? Si circonscriverà l'universo in un recinto di mura? Queste mura stesse non saranno essenzialmente estese, e dietro ad esse non dovrà necessariamente esservi spazio illimitato? Ma dacchè l'estensione è infinita non ne segue che la materia sia illimitata; dappoichè se non si può supporre corpo senza estensione, nulla è più facile del concepire spazio senza corpi; e non ostante ignorassimo se l'universo offra effettivamente esempi di luoghi interamente vôti di materia, nondimeno il cangiar di luogo de' corpi, che ogni momento veggiamo, ei permette immaginare che possa e che anzi debba esser così in talune parti dello spazio.

Ma secondo noi, l'opinione del *pieno assoluto* di Descartes, rigettata ragionevolmente dai fisici tal quale egli se ne aveva formata l'idea, sembra doversi combinare con quella del *vôto* di Newton per rendere ragione de' fenomeni osservati. Il pieno non può conciliarsi col cammino dei corpi celesti, il quale verrebbe scemato in progressione sempre crescente per la resistenza della materia: il vôto assoluto dall'altra parte si trova escluso da la presenza di un fluido qualunque, necessario a la spiegazione dei fenomeni del calore e della luce, dell'elettricità e del magnetismo. Lo spazio, che ne circonda, sembra dunque occupato da uno o più fluidi estremamente sottili, incoercibili, impalbabili, eterei, che si conoscono presenti sol quando agiscono, in fine, che al movimento degli astri non offrono resistenza capace di valutazione.

8. Che che ne sia, la parte dello spazio, che circonda un corpo e che viene occupata dal vòto o da corpi dissimili, ne circoscrive la forma, ne determina la figura, ne fissa la grandezza e dessa è lo *spazio relativo*.

La figura de' corpi è infinitamente svariata, tanto per la circonscrizione o superficie esterna, tanto per lo volume e per la massa, val dire per lo spazio che occupa, che per la densità, val dire per la quantità di materia che contiene sotto un volume qualunque; ma sotto qualunque forma ci si offra, possiede sempre le tre dimensioni *lunghezza*, *larghezza* e *profondità*. Lo studio delle relazioni e delle proprietà di cosiffatte dimensioni, come pure del punto e della linea, appartiene a la geometria; spetta poi a la fisica l' investigare le altre proprietà riconosciute nelle figure dei corpi. Il volume, la massa, e la densità saranno con maggior utilità spiegate ne' seguenti capitoli; ci occuperemo intanto della configurazione apparente dei corpi.

9. A prima vista i corpi sembrano irregolari per forma: par che il disordine avesse preseduto a la loro aggregazione; ma uno studio più profondo fa rinvenire in moltissimi di essi figure regolari e determinate, che la natura in talune circostanze produce costantemente, e le quali annunziano che la loro composizione sta suggetta a leggi fisse ed uniformi. Accade lo stesso per tutt' i corpi? L' ignoriamo; ma è permesso pensare, che probabilmente, con certe modificazioni, fenomeni analoghi han luogo in tutte le combinazioni chimiche. Che che ne sia, tutt' i corpi chiamati *cristalli* son suggetti a leggi di associazione regolare; e l' alt' ingegno del Sig. Haüy, di questo fondatore dell' ammirabile teorica cristallografica, ha saputo ridurre l' infinita varietà di figure, che presentano i cristalli, a tre forme di molecole integranti, la piramide triangolare, il prisma triangolare, ed il prisma quadrangolare; queste forme tanto semplici, accozzandosi e combinandosi in tutt' i versi, compongono tutt' i cristalli conosciuti: nelle opere di questo scienziato, che ha saputo dare a le teoriche della mineralogia e della cristallografia il più alto grado di evidenza di chiarezza e di certezza, bisogna studiare le leggi, le condizioni, i particolari di queste combinazioni; d' altronde quest' obbietto non fa parte della fisica, e costituisce un ramo importante della storia naturale.

10. I corpi, secondo lo stato in cui si trovano, prendono diverse posizioni nello spazio. Taluni, composti di molecole ravvicinate da forza di coesione o di affinità più

o meno energica, formano, mercè questo ravvicinamento, masse che possono presentare ogni sorta di figure, e ritengono quella che han sortita, finchè cagione estranea e violenta non disturbi l'ordine esistente: questi sono i corpi solidi. Altri son composti di molecole che sembrano quasi interamente le une da le altre indipendenti; sembra che stiano in reciproco stato d' indifferenza fra loro, senza che nulla appalesi aver esse la menoma tendenza a ravvicinarsi o ad allontanarsi; lo spazio, cui occupano questi corpi, vien costantemente determinato da le circostanze in cui si trovano, da la forma de' corpi solidi, da la menoma forza in azione: dessi sono i liquidi. Altri corpi son composti di molecole che sembrano sempre in istato di ripulsione e di antipatia; cercano reciprocamente a sfuggirsi il più possibile; è dunque necessaria una potenza naturale od artificiale per impedire a siffatti corpi d'invadere ogni spazio che non è occupato dai corpi solidi o liquidi: queste sono le sostanze aeriformi. Finalmente noi ignoriamo le forme che assumono nello spazio i fluidi incoercibili; ma tutto indica che vi stiano in riposo, finchè non sorgano circostanze a determinarne la loro azione, e 'l loro movimento. Ne' quattro suindicati stati si trovano tutt' i corpi di natura; lo studio delle loro proprietà è uno de'principali obbietti della fisica. Queste divisioni adunque, dopo lo studio delle proprietà generali de' corpi, ci serviranno di norma per procedere a la disamina di tale argomento.

CAPITOLO III.

DIVISIBILITA'.

11. Ogni corpo materiale ha necessariamente una forma qualunque, ed occupa un dato spazio, per quanto possa esser tenue. Per conseguenza è evidente che può ogni corpo, almeno col pensiero, esser diviso in due o più frammenti, e così di seguito all' infinito: e ciò solo a prima vista può sembrar maraviglioso; dappoichè le idee di grandezza e piccolezza, di lentezza e di celerità son relative, e reca meraviglia come ingegni, d' altronde molto profondi, abbiano potuto disputare tanto a lungo e tanto seriamente intorno a la divisibilità della materia. Questa disputa involve pura contraddizion di termini; mentre se si vuol parlare della divisibilità razionale e matematica, si è veduto riescire impossibile l' assegnarle limiti; dessa è infinita, giacchè

una molecola, anche elementare, può supporsi divisa in due porzioni e così in seguito. Se per lo contrario si parla della divisibilità fisica e meccanica, è indubitato che debbe avere un termine qualunque, per quanto si voglia lontano; poichè noi vediamo molecole constituenti, dopo innumerevoli combinazioni; ricomparire senza alterazione e somministrare i medesimi prodotti. Nuova pruova degli smarrimenti cui mena in tutte le scienze, ed in filosofia specialmente, l'abuso delle parole e del linguaggio!

12. Del resto, fenomeni che ogni giorno ci cadono sott' occhi pruovano la prodigiosa divisione reale della materia. La natura ci offre mille esempi di corpi, la cui picciolezza sfugge non solamente ai nostri più dilicati sensi, ma per così dire anche a la nostra immaginazione. Tutto ci dimostra benanche che un corpo può passare a questo stato di estrema divisione, senzacchè le sue particelle cessino di essere identiche a le più grosse masse. Così, ad esempio, senza parlare della luce, la cui tenuità di molecole è per così dire incalcolabile, non ostante agisca ancora sui nostri sensi, (dappoichè l'immagine di una stella, formata da una quantità di raggi diversi, su la nostra retina non occupa la cencinquantamilionesima parte di un millimetro quadrato) non veggiamo i corpi cristallizzati, ridotti in polvere per così dire volatile, presentare al microscopio le medesime forme, gli angoli medesimi che controsegnavano la massa totale? Non veggiamo una piccola borsetta di muschio spandere e rinnovare il suo odore a sè d'intorno per vasto spazio e per più di venti anni? Non veggiamo mille sostanze coloranti pruovare la estrema lor divisione, allorquando la dissoluzione di una sola loro goccia manifesta la sua presenza in gran massa di liquido? Ma non soltanto la materia morta, non soltanto i corpi naturali ci offrono esempi della prodigiosa divisibilità della materia. I processi delle arti, la materia vivente ne dimostrano effetti forse anche più meravigliosi, poichè fan supporre in questi corpi, di cui l' immaginazione stenta a figurarsi la tenuità, proprietà ed organi analoghi a quelli di altri esseri, il cui volume, per rispetto ad essi, è più considerabile del volume del globo intero per rispetto all' uomo. Lewenhoeck nelle sue belle ricerche su gli animali microscopici, ha calcolato abbisognare più di cento milioni di taluni di questi animalucci, per riempire lo spazio di un centimetro cubo; che il loro volume era minore di un millesimo di granello di sabbia già impalpabile; di guisa che più

migliaia di questi animali potrebbonsi reggere su la punta di una spilla. Intanto questi esseri si muovono, vivono, sembrano sentire. Il loro corpo è dunque composto di liquidi e di solidi; sono dunque dotati di organi atti ad adempire alcune funzioni. Che si giudichi, dietro a le ricerche di questo tanto stimato scienziato, qual sia la tenuità di questi organi, e quale la divisibilità della materia.

13. *La duttilità* o *malleabilità* è proprietà particolare di taluni corpi, constituisce anco pruova della gran divisibilità della materia, e nel medesimo tempo dà grandissima idea della *tenacità*, della forza di coesione che tiene insieme uniti alcuni mucchi di molecole. Alcune sostanze vegetali ed animali, per es: le fibre di molte piante che danno tiglio, i fili di seta e di ragno, ma soprattutto i fili di metallo, somministrano esempi sorprendenti di questa meravigliosa proprietà delle molecole di conservare le loro qualità primitive e restare tuttavia fra loro unite, non ostante che sieno assottigliate, stirate, appiattite, impicciolite estremamente. Per citare alcuni fra gli esempi più sorprendenti della duttilità e della tenacità de'metalli, diciamo che l'arte di battere l'oro perviene ad assottigliare le foglie di queto metallo di guisa che hanno soltanto un trenta millesimo di linea di densità (1). Nella fabbricazione de' fili adoperati pe' micrometri, instromenti di astronomia che servono specialmente a misurare il diametro de' corpi celesti, si passa il platino per la filiera; ma sarebbe impossibile ottenerlo direttamente in fila bastantemente sottili: si avviluppa dunque in un cilindro di argento, e si stira il tutto al più alto grado di tenuità; in seguito si fa disciogliere l'argento nell' acido nitrico, e resta il solo filo di platino a nudo. Per tal maniera l'ingegno umano, mettendo a contribuzione tutte le risorse della natura, si giova dei soccorsi della meccanica, della fisica e della chimica, per ottenere la misura degli astri, a la quale non può direttamente pervenire. Non è già questa l'ultima volta che il vedremo, ingegnandosi a profittare delle proprietà di quanto lo circonda, attignere da tutte le scienze mezzi per aggrandire lo spazio circoscritto dai limiti delle sue cognizioni, ed accrescere le sorgenti del suo benessere.

---

(1) Di guisa che ogni granello di oro somministra 30 pollici quadrati 6/10 di foglie. — *I Tradutt.*

CAPITOLO IV.

IMPENETRABILITA', E POROSITA'.

14. I corpi sono materiali ed estesi; il medesimo luogo non potrebbe dunque essere occupato contemporaneamente da due corpi diversi; in questa proprietà consiste l'impenetrabilità, ed in tutte le circostanze, ove sembra a prima vista aver luogo penetrazione di parti, è facile riconoscere che quest' apparenza deriva da semplice mutamento di luogo, o ravvicinamento di molecole. Per tal maniera la stessa impenetrabilità dei corpi ci dimostra due altre importanti proprietà, il movimento e la porosità. Di fatti egli è evidente che se un corpo dotato di certo grado di forza s'imbatte con un altro in riposo, lo urterà, e potrà fino arrivare a fargli mutar luogo; in fine lo farà muovere. Dall' altra parte noi abbiamo continuamente sott' occhi esempi di apparente penetrabilità; dobbiamo conchiuder dunque che i corpi sono porosi, val dire composti di molecole impenetrabili e di spazi vòti. Or ora vedremo che cosiffatte proprietà, dimostrate dal ragionamento, confermate da le osservazioni e da le sperienze, ci danno qualche idea della constituzione probabile dei corpi.

Egli è evidente che l'impenetrabilità è proprietà essenziale a la materia, dappoichè per quanto sia tenue una molecola, dessa occupa necessariamente uno spazio qualunque, ed è impossibile che questo spazio sia contemporaneamente occupato da un' altra molecola. Non si trova nello stesso caso la porosità; si può supporre un corpo composto di parti talmente le une a le altre aderenti, che sia interamente impenetrabile; ma la natura non offre alcun esempio di questo stato normale de' corpi; per lo contrario in tutti lo spazio occupato dai pori sembra incomparabilmente più vasto di quello ripieno di molecole impenetrabili; se dunque la porosità non è proprietà essenziale, è però proprietà generale de' corpi.

15. È questa la ragione perchè i corpi solidi sembrano a prima vista affatto impenetrabili: i legni, i metalli, le pietre resistono con molta forza ai corpi che li vengono ad urtare; qualche volta si rompono, si aprono, si separano; ma i loro frammenti offrono benanco somiglievole resistenza; e se alcune volte si possono grattugiare, forare; se si possono far penetrare chiodi nel legno, in taluni me-

talli, in talune pietre, esaminando attentamente le parti compenetrate, tosto si riconosce che tali mutamenti dipendono da pressione, da ravvicinamento di molecole, oppure da spostamento di esse (1), ma non già da penetrazione. Intanto questo legno che abbiam veduto presentare barriera impenetrabile a taluni corpi, messo a contatto con un liquido, ne assorbisce quantità considerevole; i metalli che ci sembrano tanto duri e compatti, ridotti in lamine sottili ci lasciano travedere la luce a traverso delle loro lamine (2); ridotti in forma di palla vòta, ripieni di liquidi, e suggettati a forte pressione, permettono a questi liquidi di trapelare in forma di rugiada a traverso delle loro molecole; finalmente, senza parlare de' corpi trasparenti e particolarmente di una quantità di cristalli (del diamante tanto duro), e che non ostante lasciano passare la luce, quante pietre, quante sostanze minerali non veggiamo impregnarsi di liquidi, oppure, messe sotto il recipiente della macchina pneumatica, lasciare sviluppare gran quantità di gas?

16. *L' impermeabilità* è anche una specie d' impenetrabilità, ma sempre relativa. È una proprietà particolare, della quale si fanno frequenti applicazioni nelle arti, ed in virtù della quale taluni corpi non possono passare a traverso di altri.

17. I liquidi e le sostanze aeriformi, per l' estrema mobilità delle loro molecole, sembrano a prima vista affatto penetrabili: ma è facile riconoscere che queste apparenze dipendono unicamente da mutamento di luogo, da divisione delle parti del corpo. Il liquido in cui immergiamo un corpo più pesante si eleva nel vaso che lo contiene: desso ha dunque soltanto mutato luogo. In vano cerchiamo di far penetrare, in un vaso pieno di gas, un corpo qualunque, se questo vaso sia ermeticamente chiuso e non lasci alcuna escita al gas; (3) dippiù non è forse l' impenetrabilità, la resistenza dell' acqua e dell' aria che somministrano ai remi dei battelli, a le vele delle navi e de' molini un punto di appoggio capace di metterle in movimento?

(1) Questi fatti già provano la porosità.

(2) Quel che l'autore dà per positivo circa la trasparenza de' metalli non è affatto confermato: che anzi appena si sa che l' oro ridotto a 0,00009 di millim: di spessezza lascia solamente passare il raggio verde, come Newton ha dimostrato pel primo: questo stesso autore per altro reputa verisimile che se avessimo mezzi sufficienti di assottigliare gli altri metalli, forse essi diverrebon capaci di trasmettere la luce. *I Tradutt.*

(3) I gas sono compressibili; or, nell' ipotesi attuale, si potrebbe far entrare un corpo estraneo in un vaso pieno di gas. *T. R.*

La porosità di cosiffatti corpi non è meno evidente, e vien dimostrata direttamente da la *compressibilità*, altra proprietà generale dei corpi, ma che è conseguenza della porosità. Di fatti si è provato con esperienze recenti, che tutt' i liquidi sono suscettivi di diminuire di volume quando si sottopongono a forte pressione. Lo stesso vuol dirsi di tutt' i solidi, eccetto forse i corpi cristallizzati, le cui molecole sembrano situate nello stato il meno suscettivo a poter cangiar luogo; finalmente se il gas contenuto in un vase che s' immerge con molta forza in un liquido, non viene interamente surrogato da questo liquido, diminuisce però considerevolmente di volume, ciò che lo dimostra eminentemente compressibile, e per conseguenza porosissimo.

18. Ma un altr'ordine di fenomeni ci dimostrerà quanto possa esser grande la porosità dei corpi, e quanto ingiustamente supporrebbonsi composti di molecole le une a le altre ravvicinate. La chimica ci offre mille esempi di sostanze che, dopo la combinazione, occupano meno spazio di quando erano isolate; a prima vista si potrebbe credere dipendente questo fenomeno da penetrazione di parti, ma è evidente che in questa nuova combinazione evvi soltanto mutamento di posizione delle molecole, e per conseguenza ravvicinamento fra loro, e diminuzione dello spazio occupato dai pori. Per es. nelle dissoluzioni di molti sali nell' acqua, anche nel cangiarsi il diaccio in acqua, nella combinazione di rame e zinco che constituisce l'ottone, evvi costantemente diminuzione di volume.

Tentando di generalizzare questi fenomeni e di ravvicinarli a le leggi generali della natura, il celebre de Laplace, (1) nelle sue immortali applicazioni della geometria a le scienze fisiche, applicazioni che lo hanno condotto a le più belle scoperte, è stato indotto ad opinare essere enorme la porosità dei corpi. Supponendo che nei corpi più densi vi sieno sei miliardi di volte più di vòto che di pieno, con le leggi dell'attrazione o gravitazione universale, spiega quest'autore tutt'i fenomeni di cristallizzazione dei corpi, di capillarità, di refrazione della luce, delle combinazioni chimiche, ec., ec. Ma qual è mai la cagione di questa maggiore o minore porosità dei corpi e dello stesso corpo, secondo le circostanze fra le quali si trova? Trattando del calorico vedremo che questo fluido, interponendosi più o meno abbondantemente fra le molecole dei corpi, sembra essere la

(1) Vedete la sua *Meccanica celeste*, supplimento.

cagion principale della loro porosità, come pure della maggior parte dei mutamenti di stato e di dimensione che in essi osserviamo.

CAPITOLO V.

ELASTICITA'

19. Abbiam veduto che tutt' i corpi conosciuti sono crivellati da pori, e che un principio ripulsivo, interposto fra le loro molecole, sembra la cagione di questo forzato allontanamento, di questo stato contrario all'attrazione ed all' affinità; poste tali conseguenze dedotte da le sperienze e dal raziocinio, e che vedremo confirmate anche più evidentemente trattando della gravità, del calorico e dello stato particolare dei corpi, ci sembra che questi debbansi risguardare come un mucchio di molecole continuamente sospinte le une verso le altre da una forza di attrazione, continuamente mantenute in distanza dall' azione di un principio ripulsivo capace di aumentare o di diminuire, qualche volta di essere in parte vinto dall' attrazione, o di vincerla in parte. Che bel soggetto d' estro pe' poeti, pe' talenti ad immaginazione predominante, sono questi due principi sempre opposti l' uno all' altro, sempre l' uno a fronte dell' altro, qualche volta combattendo con uguali forze, or l' uno or l' altro vincitore o vinto, da la cui lotta risulta l' ordine ammirevole della natura, siccome da la vittoria dell'uno o dell' altro risulterebbe necessariamente la distruzione od almeno il mutamento totale di quanto esiste! Che bella occasione di personificare questi esseri, d'immaginarli con pensieri, con volontà, ed estendere la loro azione tanto sul morale quanto sul fisico! Noi ci dobbiamo ben guardare dal seguire questa direzione: ma il soggetto che ci tiene occupato ci costringe a dare antecipatamente un' idea della cagione che produce lo stato solido, liquido od aeriforme dei corpi, non ostante che non ancora parlassimo di questi stati particolari; e ciò sol perchè questa cagione ha immense applicazioni, e spiega moltissimi fenomeni.

20. Supponghiamo le molecole de' corpi talmente ravvicinate (1) che la forza di attrazione la vinca, ne risul-

(1) Abbiam visto, a la fine del capitolo precedente, che secondo l' opinione del Sig. de Laplace è possibile che questo ravvicinamento sia una prodigiosa distanza; ciò almeno è relativo, e tanto ci basta.

terà uno stato di aggregazione che per esser distrutto richiederà l'opera di una certa potenza : il corpo sarà solido; di più se le molecole in questo caso si han potuto ravvicinare a poco a poco , e conservando la libertà di muoversi , si disporranno in guisa da mettersi a contatto pe' lati che hanno fra loro maggiore affinità , ne risulterà una disposizione generale o regolare ; il corpo sarà cristallizzato. Se per lo contrario circostanze impediscano che abbia luogo questa disposizione favorevole , le molecole saran costrette a ravvicinarsi per gli altri lati, a solidificarsi in questo stato di disordine; in una parola saran costrette a constituire un solido non cristallizzato.

Se ora supponghiamo diminuita l'energia dell'attrazione di maniera che sia precisamente uguale a quella del principio ripulsivo, ne risulterà uno stato particolare, nel quale le molecole tuttavia avranno tendenza le une verso le altre , ma non potranno manifestare quella che da la lor figura dipende ; in questo stato la posizione delle molecole resterà indifferente per l'azione della loro affinità , esse godranno dunque d'una compiuta mobilità : il corpo sarà liquido. Non si stenta a capire che questo stato di perfetto equilibrio , suggetto a frequenti cangiamenti , debbe incontrarsi di raro ; è questa la ragione perchè la natura ci offre ben piccol numero di liquidi ; perciò un liquido , appena formato , manifesta certa tendenza a svaporarsi ed a passare a lo stato aeriforme.

Finalmente se le molecole stiano bastantemente distanti di maniera che il principio ripulsivo guadagni il di sopra, desse dovranno tanto allontanarsi fin che ostacoli esteriori non le riterranno , ma anche in questo caso dovranno fare sforzi per superare tali ostacoli : questo corpo sarà nello stato aeriforme. Vedremo in seguito il passaggio di un corpo da uno di questi stati all' altro , ed il calore od il freddo sviluppati tanto in questo passaggio che nel comprimere un gas nel fucile ad aria , come pure non pochi altri fenomeni , venire in conferma de' principi stabiliti , e contemporaneamente pruovare che questo principio ripulsivo altro non è se non quello che produce il calore (1).

L' esposte considerazioni intorno a la cagione degli stati diversi di aggregazione de' corpi , ci hanno semprepiù dimostrato esser dessi porosi , ed in essi risedere una forza attrattiva che avvicina le molecole le une verso le

(1) Val dire il calorico. T. R.

altre, ed anche un principio ripulsivo che le mantiene a date distanze; l' elasticità, consiste in ciò che un corpo suggetto all' azione di una forza estranea ubbidisce ad essa momentaneamente, e quindi subito ritorna in tutto od in parte, dopo una serie di oscillazioni, al suo stato primiero; sembra dunque esser mera conseguenza dello stato di composizione. Vediamo prima quali sembrano esser le cagioni di questa proprietà, ed in secondo luogo, in quali circostanze, e sotto l' influenza di quali condizioni si manifesta.

21. L' elasticità, siccome ha sostenuto Newton, sembra riconoscere per cagione generale la presenza del calorico, che, stanziato negl' interstizi dei corpi, può momentaneamente venir compresso, talvolta essere espulso. Tutt' i fenomeni di elasticità compiuta od incompiuta, allorchè dipendono da *compressione*, si spiegano facilissimamente per questa cagione; ma non così avviene nè per quelli che offrono la *flessibilità* e sopratutto l'*estensibilità* di taluni solidi: cosiffatte proprietà particolari generalmente vengono considerate dai fisici come modificazione dell' elasticità, in virtù della quale le molecole di certi corpi, allontanate fra loro, rimosse da la loro natural posizione, tendono a riprendere il pristino stato, quando nel metterle in tali atti di violenza non si sieno oltrepassati i convenevoli limiti; ma questa seconda specie di elasticità non sembra dipendere da cagione identica a la prima, anzi sembra essere ad essa contraria, poichè il calorico, invece di trovarsi compresso o scacciato, si trova in miglior libertà di agire. È facile conoscere che questa specie di elasticità debbe ripetersi da la forza di coesione; ne' corpi solidi, l' energia del calorico o principio ripulsivo, è molto limitata, è considerevole quella dell' attrazione; se dunque le molecole di tal corpo non si allontanano tanto da distruggere l'attrazione, egli è evidente che cessato lo stato di violenza, pel quale si operava l' allontanamento, l' attrazione tenderà a rimettere le cose nel pristino stato. Essa vi riuscirà compiutamente se le molecole sieno state soltanto scostate, ma non già molto allontanate; vi riuscirà in parte soltanto o per niente, se le molecole del corpo avranno mutata posizione. La dimostrazione di tale spiegazione hassi dal che l' elasticità dei corpi solidi è in generale tanto più perfetta, per quanto sono più duri, più tenaci; è tanto più debole, per quanto sono più molli e più duttili. Quel che ne constituisce anche novella pruova si è che questa specie di

elasticità per *estensibilità* s' incontra soltanto ne' solidi. Non dovrà dunque più sorpendere che l' accrescimento del calorico in un corpo di tal natura diminuisca l' elasticità, nè sorprenderà l' osservare questa elasticità per *compressibilità* crescere ne' liquidi e ne' gas, a misura che il calorico vi si accumulerà in maggiore abbondanza.

Abbiam veduto l' elasticità manifestarsi per compressione e per estensione dei corpi; i fenomeni pressione, urto, riflessione, suono, appartengono a la elasticità per compressione; la flessibilità e l'estensibilità dipendono da la seconda specie. Percorriamo rapidamente quelli che meritano di fissare la nostra attenzione; altri fenomeni, e specialmente quelli del suono e della riflessione, verranno specialmente spiegati altrove.

22. Osserviamo in primo luogo, che ogni qual volta si può esaminare il modo onde un corpo elastico ritorna in tutto od in parte nel suo pristino stato, si vede ciò accadere suscitandosi una quantità di oscillazioni proporzionali a la violenza cui si è suggettato. Chi mai può non conoscere l' effetto delle molle piegate e distese, delle palle e delle corde elastiche, che sono specie di molle? Del resto noi torneremo ad occuparci di queste oscillazioni e delle loro leggi, quando considereremo le vibrazioni dell' aria come veicolo del suono, e le vibrazioni dei corpi sonori, tutte prodotte da la compressione e da la elasticità; dappoichè per noi resta dimostrato, dal considerare le sole vibrazioni, che tutt'i corpi solidi non meno che liquidi sono anche compressibili, soltanto meno di quelli ne'quali la compressibilità è manifesta, per es: i legni, i cuoi, il sughero, la midolla di sambuco, il caoutchouc o gomma elastica; ma ciò sempreppiù il dimostrerà lo esame di altre loro proprietà, specialmente della loro riflessione dopo l'urto. Le sostanze aeriformi sono eminentemente compressibili e dilatabili, onde il nome di fluidi elastici, con cui sovente si disegnano, ed anco la loro compressibilità sembra venir limitata soltanto dal convertirsi in liquidi.

L' elasticità, in virtù della quale un corpo che ne tocca un altro rimbalza, pruova, siccome testè dicemmo, in maniera decisiva la compressibilità: dappoichè questo effetto non può concepirsi, nè spiegarsi bene, se non ammettendo che l'incontro di due corpi, nel ravvicinar molto le molecole, le mette in istato forzoso dal quale procurano liberarsi. Queste molecole agiscono, perciò come una quantità di piccole molle piegate dall' urto, e che pel loro di-

stendersi simultaneamente, fanno rimbalzare il corpo con maggiore o minor forza, in ragione della celerità della caduta, dell' energia dell' urto, del grado di compressibilità, e della elasticità de' due corpi che s' incontrano; perciò il marmo, l' agata, l' avorio, il vetro, tutt' i solidi con tanta maggior forza son ripercossi per quanto sono meno duttili e più duri. Quel che dimostra esservi in questo fenomeno ravvicinamento reale di molecole si è, che se si spalma una tavola di marmo di leggiero strato di grasso, e vi si fa cadere una palla anche di marmo oppure di agata o di vetro, si troverà sul corpo grasso una macchia di grande dimensione, mentre, se non vi fosse stata reciproca compressione fra gli due corpi, la macchia avrebbe dovuto dimostrarsi appena quanto un punto (1). Ma non i solidi soli vengono ripercossi di questa maniera, lo stesso accade de' liquidi, ciò che ne dimostra la compressibilità; l'acqua nella sua caduta su diversi corpi ce ne offre esempi giornalieri. In seguito vedremo il fluido luminoso essere il più riflessibile fra tutt' i corpi; e perciò si considera come il più elastico.

23. Se l' elasticità non si manifesta in tutt' i corpi nelle circostanze sucennate, si rende completamente palese e si può anche misurare quando i corpi si riducono in fibre sottilissime, e si distendono in fila finissime. Se in questo stato si sottopongono a leggiera tensione, si osservano allungarsi, e, cessata la tensione, riprendere il pristino stato; tenute distese e fisse per le estremità, se si pizzicano, come una corda, si osservano fare una quantità di oscillazioni per ritornare a la posizione lor naturale.

Parecchie sostanze manifestano elasticità, soventi fortissima, quando si piegano. Le arti hanno in mille utili guise applicata questa proprietà e nella costruzione di ogni sorta di molle e nella preparazione de' materassi, de' cuscini, de' tessuti compatti, i quali vengon resi dolci e morbidi dall' elasticità delle fibre adoperate. Per taluni corpi l'assottigliamento è cagion possente di elasticità; così, il vetro, uno fra corpi più rigidi e più friabili, ridotto in sottilissimi filamenti, acquista grande flessibilità: in questo stato

(1) Per la ragione che la sfera poggia sul piano per un punto solo. Questo sperimento acquista maggior certezza facendo cadere la palla a diverse altezze, dappoichè vedrassi in questo caso la macchia ingrandirsi in proporzione che l'altezza d'onde cade la palla è maggiore, e viceversa. — *I Tradutt.*

compone quelli graziosissimi ornamenti ondeggianti, conosciuti in moda sotto il nome di *esprit*, e che adornano i cappelli delle nostre dame.

24. Altre circostanze, tal che il *martellare*, il *ricuocere*, il *temprare* de' metalli, agiscono possentemente su la elasticità: di queste non è così facile rendersi ragione. Tuttavia il martellare, che rende i metalli più fragili, il ricuocere, che li fa tornare nel pristino stato, si spiegano mercè l' avvicinamento forzoso delle molecole nel primo caso, e mercè il loro ristabilimento nel secondo; ma la tempera, operazione nella quale un corpo caldissimo s' immerge nell' acqua fredda, che rende l' acciaro più duro e più fragile, che rende più molle e più malleabile la lega di rame e stagno per fabbricare le piattine, che per nulla agisce sull'oro, sul rame ec., che comunica a quelle gocce di vetro gittate in fusione nell'acqua, e conosciute sotto il nome di *lagrime batave*, sì forte stato d' irritazione, se può così dirsi, che ogni menomo movimento ne determina la rottura in frammenti impalpabili, la tempra, dir vogliamo, sembra agir così diversamente in ragione dello stato di aggregazione o della maniera onde si trovan situate le molecole e che non ben conosciamo. Intanto, l' esempio dell' acciaro e delle lagrime batave può spiegarsi pel raffreddamento che soffrono gli strati esteriori; dappoichè debbe risultarne, 1.° che il corpo diventa più voluminoso di quando si raffredda lentamente; ciò che lo conferma la sperienza; 2.° che le molecole interne si trovano in uno stato di costringimento, poichè sono state forzate, per modellarsi sullo strato esterno, a situarsi in distanze assai considerevoli in rispetto a lo stato del corpo.

CAPITOLO IV.

ATTRAZIONE E GRAVITA'.

25. Galileo aveva già sottoposti al calcolo i fenomeni che accompagnano la caduta dei corpi a la superficie del nostro globo, ed aveva già conosciuto che l'aria offrendo ai corpi che l' attraversano resistenza proporzionale al lor volume, è la sola cagione della diversa celerità con la quale essi cadono; Keplero, dopo vent'anni d' infruttuoso lavoro, cagionato da un errore di calcolo, ritrova finalmente, replicando le sue ricerche, la strada che quest'errore gli aveva fatta abbandonare, e scopre le leggi che reggono il cammi-

no dei corpi celesti, la via che debbono percorrere, il tempo che debbono durare le loro rivoluzioni: queste leggi erano l'espression letterale della gravitazione; ma tal traduzione richiedeva l'ingegno di Newton; di fatti questo grand'uomo, per l'osservazione della legge di diminuzione del peso in ragione della distanza (1), fu condotto a scoprire il meccanismo de' movimenti de' corpi celesti, ed arrivò a spiegare e prevedere i fenomeni più complicati, i più grandi mutamenti e le più strane perturbazioni che essi offrono. Cosiffatti obbietti appartengono tutti a lo studio dell'astronomia; ma Newton non si fermò quì; tosto riconobbe che la caduta dei corpi a la superficie della terra ubbidisce a la legge stessa che regola il cammino dei pianeti, e proclamò l'attrazione universale; val dire che supponendo tutte le molecole della materia dotate di reciproca forza di attrazione, rendè ragione di tutt' i fenomeni osservati. Esponendo l'idea del sig. de Laplace intorno a la porosità dei corpi, abbiam veduto che i più dotti fisici non han cercato di ristringere le applicazioni della scoperta di Newton, ma per lo contrario si sono impegnati a renderla più proficua.

26. È inutile fare osservare che i vocaboli *attrazione*, *gravitazione*, esprimono soltanto i fenomeni, ma non possono mica significare la cagion che li produce, cagione che ci resterà forse per sempre ignota. L'attrazione è forse risultamento di una proprietà inerente a la materia, ed in questo caso donde tal proprietà deriva? Risulta dall'azione di un fluido particolare? Risulta da movimento interiore delle molecole? È forse prodotto anco di ripulsione? ec., ec. Nell'indagine di queste cose caderemmo nel vago e nell'assurdo delle supposizioni e dei sistemi, co' quali si è tentato di far conoscere le cagioni prime di quanto esiste; ci limiteremo dunque a considerazioni generali, prendendo sempre a guida l'osservazione e la sperienza. Risguardando questa materia soltanto pel lato che appartiene a la fisica, disamineremo i diversi fenomeni che manifestano d'intorno a noi la gravità e l'attrazione. Questi fenomeni sono di due specie, e noi li esporremo in articoli separati.

Gli uni sono identici coll'attrazione dei corpi celesti, ne sono una continuazione, un effetto circoscritto al globo

(1) Prima del Newton, Hook avea detto che l'attrazione s'indebolisce a misura che si aumenta la distanza de' corpi, ma non riuscì a determinare la proporzione secondo la quale si operava tal decrescimento: quest'ultima constituisce la vera gloria di Newton. — *I Tradutt.*

che abitiamo, ed a tutti gli obbietti che ne fanno parte: è questa la *gravità* propriamente detta. Le leggi della caduta dei gravi, la misura di questa caduta, il centro di gravità, il peso specifico dei corpi, dovranno occuparci successivamente; la descrizione di diverse macchine ed instrumenti importanti e curiosi, va congiunta a questo studio.

Gli altri da la maggior parte dei fisici vengon considerati come modificazione dell'attrazione in distanza, e l'indicano col vocabolo di *attrazione molecolare* o *affinità*, oppure *forza* di *coesione* (1). In questi fenomeni l'attrazione si manifesta a cortissime distanze; fuori dubbio taluni in virtù dell'attrazione, più forte fra certe molecole più debole fra altre, producono i cangiamenti di combinazione dei corpi, e constituiscon così obbietto delle ricerche della chimica: noi non dobbiamo occuparcene: saranno obbietto de' nostri studi i soli fenomeni della capillarità e dell'attrito.

SEZIONE PRIMA

Gravità.

27. Abbiam veduto essere la gravità la proprietà in virtù della quale i corpi, abbandonati a loro stessi, si precipitano su la terra: osservando qual direzione essi seguono in questa caduta, riconosceremo ch'è sempre perpendicolare a la superficie delle acque in riposo, riconosceremo per conseguenza che si dirige costantemente verso il centro della terra. Di fatti, hanno dimostrato i geometri che uno sferoide, tutte le cui molecole fossero dotate della forza di attrazione, dovrebbe agire come se queste molecole fossero riunite al centro.

Tutt'i corpi solidi, liquidi, gassosi son suggetti all'azione della gravità, e quelli che, in talune circostanze, sembrano violar tali leggi, ne constituiscono per lo contrario la più compiuta dimostrazione. Per es. taluni gas ascendono in vece di cader verso la terra, taluni corpi solidi si mantengono in equilibrio nell'atmosfera, perchè l'aria in mezzo a la quale si trovano è più pesante di essi, cioè offre

---

(1) L'*affinità* e la *coesione* non debbonsi confondere: la coesione è la forza che unisce molecole della medesima natura, l'affinità tenta di riunire molecole di natura diversa; la coesione è ostacolo a la combinazione, l'affinità, per lo contrario, n'è cagione; queste due forze si considerano come effetto dell'*attrazion molecolare*. — T. R.

più massa sotto il medesimo volume. Dicasi lo stesso di una palla di sughero, d'un pezzo di legno immerso nell'acqua, di taluni metalli immersi nel mercurio. Tali liquidi, perchè suggettati a la gravità ugualmente che i corpi immersivi, sforzan questi a rimontare a la superficie, perchè sono più pesanti di essi.

Non si dubita della gravità de' liquidi e de' solidi, ma quella dell'aria si è per lungo tempo negata; ora vien provata direttamente facendo il vòto in un pallone di vetro; perciocchè questo pallone sospeso al piatto di una bilancia, e messo in equilibrio, trabocca appena vi si lascia entrare certa quantità di aria. (Vedete Tav: 1, *fig*: 1.)

28 La gravità, essendo una forza cui son suggette tutte le molecole materiali, debbe considerarsi in azione ad ogni istante su tutte le altre molecole, poste a la stessa distanza dal suo centro di azione, qualunque possa essere lo stato di aggregazione o di combinazione, la forma e lo spazio da esse occupato. La resistenza dei mezzi, cui traversano i corpi nella loro caduta, è dunque la sola cagione delle differenze che offre la gravità in agire sopra di esse. È questa la ragione perchè, senza la resistenza dell'aria, una penna ed una palla di piombo cadrebbono necessariamente con celerità uguale, mentre se il numero delle molecole non è uguale in questi due corpi, ogni molecola però è animata da la medesima celerità, e per conseguenza la celerità comune non sarebbe aumentata, nè diminuita. Di fatti facciamo il vòto in un cannello di vetro lungo circa due metri, *fig*. 2, avendovi prima messi corpi per densità molto differenti, come piombo, oro, legno, carta; se capovolgiamo il cannello, vedremo tutti questi corpi cadere con la medesima celerità, ed arrivare contemporaneamente al fondo del cannello, se questo era perfettamente vòto di aria; chè se ve ne lasciamo la più piccola quantità, questi corpi arriveranno successivamente in ragione della loro densità, cioè a dire della massa misurata pel volume.

29. Vuolsi dunque non confondere la *gravità* di un corpo con ciò che si chiama il suo *peso*; la gravità si misura per la celerità ch'essa imprime a ciascuna molecola; dessa dunque è indipendente dal volume, da la massa, in una parola dal numero delle molecole, è invariabile in un medesimo luogo e ad una medesima altezza, come or ora spiegheremo. Il peso di un corpo, per lo contrario, è la misura dello sforzo necessario per sostenerlo ed impedire che cada; è la misura della pressione ch' esercita sopra

i corpi situati al di sotto di esso. Il peso dipende da la quantità di materia che il corpo cóntiene, è dunque proporzionale a la massa ed indipendente dal volume; il paragone del peso di un corpo con quello di un altro ha dato l'idea della *densità*, o della *gravità specifica*, ed anche più esattamente del *peso specifico* de' corpi, ch' è il rapporto del peso assoluto di un corpo col peso assoluto di un altro preso per unità o termine di paragone.

Per ora non ci occuperemo de' mezzi di misurare la densità di un corpo, perchè essi diversificano pe' solidi, pe' liquidi e pe' gas; e molto meglio troveranno luogo nello studio particolare di questi corpi; faremo pertanto conoscere quelli che servono a misurare la pressione ch' esercita un corpo sull' altro, ciò che comprenderà lo studio de' centri di gravità e delle bilancie; vedremo in seguito la celerità della caduta dei corpi suggetti all' azione della gravità, misureremo questa celerità, troveremo e farem conoscere perchè non è la medesima in ogni parte della terra; finalmente vedremo che la terra non attira i corpi più di quello che i corpi attirino la terra, cioè a dire dimostreremo che la forza di gravità risiede in tutte le molecole materiali.

SEZIONE II.

Centro di gravità e bilancie.

30. La direzione della caduta de' corpi dà la direzione dell' azione della gravità, e noi abbiam veduto che in ciascun luogo questa direzione segue una *linea a piombo*, ossia *verticale* (1) a la superficie delle acque in riposo; la terra essendo una sfera, ne risulta che questa direzione è diversa per ciascuna sua parte, ma questo cangiamento potendo addivenire sensibile soltanto in grandi distanze, così le forze della gravità potranno considerarsi come parallele, e se desse si applicano ad un corpo di estension valutabile, si capisce che i loro effetti parziali si potranno combinare e riunire in un solo e medesimo punto della massa di questo corpo; tal punto si chiama *centro di gravità* di un corpo, la cui conoscenza è importantissima per lo studio de' solidi.

31. Il centro di gravità delle volte sta più in alto, delle volte più in basso del punto fisso: nel primo caso

(1) Cioè perpendicolare a la superficie, ec. — T. R.

dicesi che il corpo è sopportato; nel secondo ch'è sostenuto. Il centro di gravità sta sempre situato nella direzione dell' azione della gravità, val dire della verticale; perciò un corpo sospeso ad un filo prende sempre questa direzione e sostiene il centro di gravità. È tale il filo a piombo *fig.* 3, che dà pure il mezzo per trovare il centro di gravità di ogni altro corpo, *fig.* 4. Il centro di gravità sospeso non coincide sempre col centro della figura del corpo; poichè dipende da la densità, e molto si avvicina a la parte più densa. (1) Ogni situazione dunque di un corpo composto è tanto meno ferma, per quanto la superficie sostenuta è più piccola e per quanto il centro di gravità sta più lontano dal luogo di questa superficie.

La teorica del centro di gravità si applica in mille guise nelle arti, tanto per la construzione di molte macchine e di mobili, quando per dar loro la più convenevole posizione. Mercè di essa si spiegano molti giuochi di fisica curiosissimi, tal che il cilindro che ascende per sopra un piano inclinato, il piccolo saltatore, i giri del ballerino da corda; si utilizza pure a calcolare i movimenti dell'uomo e degli animali, ed in queste ultime circostanze è varia la posizione del centro di gravità. L'uomo alzato con le mani ai fianchi ha il suo centro di gravità nel basso ventre, sul prolungamento delle gambe; questa dunque è per lui la posizione più sicura; allorchè assiso vuole alzarsi, gli è forza di piegarsi per ispingere dinanzi il centro di gravità; con un pesante fardello a dosso, debbe mantenersi curvato in avanti. Ma la conoscenza del centro di gravità importa sopratutto nella costruzione delle bilancie (2).

---

(1) In un corpo di densità omogenea, ma di figura irregolare, il centro di gravità è da la parte della massa maggiore. Se la densità non è omogenea si può dire che sta vicino a la parte più densa, a meno che però il peso della parte meno densa non superi quello della prima parte.—T.R.

(2) La gravità è la forza che sospinge ciascuna particella materiale.

Il peso di un corpo è la somma, ossia la risultante di tutte le azioni che la gravità esercita su questo corpo. Il peso di un corpo dipende dunque da la *massa* di esso, ossia da la quantità assoluta di materia che lo compone.

Il centro di gravità di un corpo è il punto pel quale passa la risultante di tutti gli sforzi verticali esercitati sopra ciascuna molecola dall'azione della gravità, sia qualunque la posizione di questo corpo

Per trovare meccanicamente il centro di gravità di un corpo, basta sospenderlo successivamente in due posizioni di equilibrio, mediante fili verticali applicati un dopo l'altro su due punti differenti; il luogo d'intersezione del prolungamento di queste fila sarà il centro ricercato.

Il centro di gravità di tutt'i corpi omogenei sta nel centro della massa.

32. Vi ha molti instrumenti co' quali si può pesare un corpo, cioè a dire si può determinare quanto peso conosciuto abbisogna per equilibrare il peso di questo corpo; ma per le operazioni dilicate di fisica e di chimica, nelle quali frequentemente si ha bisogno di questi strumenti, si addimanda estrema precisione; è dunque assolutamente necessario che sieno construiti con la massima accuratezza, e che nessuna parte ne sia trascurata. La bilancia di

---

Il centro di gravità di una linea retta sta nella mettà della sua lunghezza. Quello dell' arco di cerchio sta sul raggio che passa per mezzo dell' arco, a tal distanza dal centro ch'è una quarta proporzionale a la lunghezza dell' arco, a la sua corda ed al raggio.

Quello del settore circolare, di cui c sia la corda, a l'arco ed r il raggio, sta in distanza dal centro.

$$=\frac{2\,cr}{3\,a}$$

Quello dell'area del segmento di cerchio, di cui A è la superficie e c la corda, sta sul raggio ad una distanza dal centro

$$=\frac{1}{12}\frac{c^3}{A}$$

Quello di una porzione di sfera sta in mezzo dell' asse.

Quello del settore sferico sta sul suo asse, ad una distanza dal centro uguale ai 3/4 del raggio, meno i 3/8 dell' altezza della sezione.

Quello della paraboloide sta à 2/3 dell' asse, partendo da la sommità, e nella paraboloide troncata di cui h sia l' altezza, R ed r i raggi delle basi. Esso sta situato sull' asse ad una distanza dalla minor sezione

$$=\frac{1}{3}h\,\frac{2\,R^2+r^2}{R^2+r^2}$$

Quello del *contorno*, o dell' area di un *parallelogrammo* sta nell'intersezione delle sue diagonali; quello della circonferenza o dell' area del cerchio, della superficie o del volume della sfera sta al centro.

Quello del contorno di un poligono si ottiene dividendo la somma de' momenti de' suoi lati, per rapporto a due assi presi nel suo piano, pel contorno del poligono; i quozienti sono le coordinate al centro di gravità.

Quello di un triangolo è situato, a partire da uno de' suoi angoli, a' due terzi dalla retta medesima della sommità di quest'angolo, in mezzo della parte opposta.

Quello dell'area di un poligono si ottiene scomponendolo in triangoli.

Quello del cono e della piramide è situato a 3/4 della retta medesima da la sommità al centro di gravità della base, a partire da la sommità.

Il prisma ed il cilindro hanno il centro di gravità in mezzo della retta che congiunge il centro di gravità delle loro basi.

Quello del tronco del cono che ha per altezza h e per raggi delle basi R ed r è situato sull' asse in distanza da la base minore.

$$=\frac{1}{4}h\,\frac{3\,R^2+2\,R\,r+r^2}{R^2+\ R\,r+r^2}$$

T. R.

Fortin, che noi rapprensentiamo nella *fig.* 5, par che si meriti più di tutte le altre la confidenza del fisico. Nondimeno, nelle operazioni importanti, debbe sempre adoperarsi il metodo del pesar doppio di Borda; desso consiste ad equilibrare il corpo, di cui si vuol conoscere il peso, con materie diverse, poscia a levare questo corpo dal piatto della bilancia e surrogarlo con grammi e frazioni di grammi, finchè la verticalità dell' ago indichi nuovamente perfetto equilibrio. Egli è evidente che i corpi ed i pesi conosciuti essendo pesati dal medesimo lato, verrà distrutto l'errore che potrebbe derivare da' vizi della bilancia. Inutil fora entrare in altri particolari intorno a la descrizione di quest' instrumento, la cui sola figura ne dà sufficiente idea; faremo solamente osservare, che in ogni bilancia importa molto che l'asse dell'asta A A non stia situato al di sopra (1)

---

(1) Per lo contrario abbisogna che l' asse stia situato al *di sopra* del centro di gravità. Vedete innoltre le osservazioni seguenti.

Osservazioni su la costruzione della bilancia.

Bisogna che le braccia della leva, ossia asta sieno per tutto ugnali, e l'attrito nell'asse di sospensione sia il menomo possibile; perciò si construisce ad angolo che poggia sopra una superficie piana di acciaio levigato o di agata. Questa parte si chiama coltello.

Il centro di gravità debbe trovarsi un poco al di sotto dell' asse di sospensione ossia coltello; chè se si trovasse al di sopra, l' equilibrio potrebbe aver luogo soltanto allorchè questo centro di gravità si troverebbe nella normale dell' asse di sospensione. In ogni altra posizione, la bilancia trabboccherebbe da la parte in cui starebbe il centro di gravità, e sarebbe falsa.

Bisogna innoltre che il punto di attacco dei piatti sia più basso oppure su la medesima linea orizzontale dell' asse di sospensione, ma non mai più in alto, percioché altrimenti la bilancia sarebbe anche falsa.

Se il centro di gravità è molto più basso dell' asse di sospensione, la bilancia richiederà peso maggiore del convenevole per trabòccare.

Noi qui soggiungiamo la descrizione di una bilancia construita dal sig. Ritchie, ch'è molto esatta e costa molto poco. L' asta della bilancia è di legno; il coltello d'acciaio l' attraversa e poggia sopra due frammenti del cannello di vetro situato a la parte superiore di un piede di legno. I coltelli dei bacini stan fissati della medesima maniera nell' asta di legno. Quest' asta tiene in mezzo un ago, la cui punta percorre un arco di carta incollato sul piede dell'iustrumento. Il peso esatto di un obbietto si ottiene col metodo del pesar doppio con questa bilancia, che costa quasi nulla, con precisione ugnale a quella che si otterebbe da una bilancia di gran costo. Del resto si può ottenere il peso esatto di un corpo con una bilancia falsa, o con le braccia della leva dissuguali.

Chiamiamo uno de' piatti B, l' altro B', Q il corpo di cui si vuol conoscere il peso. Situate questo corpo nel primo bacino B, ed osservate il peso p che gli fa equilibrio; trasportate il corpo Q in B', ed osservate il peso p' che gli fa equilibrio.

del centro di gravità; chè in altro caso cangerebbe posizione ad ogni momento, e mai non potrebbe equilibrarsi, la bilancia sarebbe falsa e traboccherebbe in ogni momento. Bisogna dunque che il centro di gravità G stia un poco al di sotto dei punti di sospensione. La bilancia figurata è la più esatta fra tutte; vi si aggiungono delle forciue o sostegni ausiliari FF, che mediante alcune viti si fanno ascendere o discendere; son queste destinate a sostenere l'asse in istato di riposo, affinchè il coltello di acciaio ben tagliente e ben levigato, che sostiene l'asta, nel pesare non si sposti; due piccoli piatti secondari *b b* servono, per lo contrario, a mantenere una medesima posizione nel mentre si fa uso della bilancia; la vite di richiamo V serve a livellare l' instrumento; l' ago D, in vece di star situato al di sopra dell' asta, cade fino al piede della bilancia ove oscilla sopra un arco di cerchio graduato; finalmente per assicurarsi contro l' influenza di ogni circostanza esterna, si può chiudere tutta la macchina in una cassetta di vetro che si apre per le braccia.

Tutt' i cannelli ricurvi ne' quali si mettono liquidi di differente densità, non che i barometri, sono anche specie di bilance che servono a misurare il peso de' liquidi e de' gas: ne parleremo altrove.

SEZIONE III.

Caduta de' corpi gravi.

33. I corpi cadendo liberamente acquistano movimento uniformemente accelerato, e Newton ha dimostrato che la medesima legge, decrescendo in ragione inversa del quadrato della distanza, mantiene la luna nella sua orbita. Questa forza di gravità, in Parigi, fa percorrere ad un

---

Il peso vero del corpo è $= \sqrt{pp'}$.

In fatti, dappoichè *due potenze le quali tendono a fare girare una leva in senso contrario, e che si fanno equilibrio, stanno in ragione reciproca delle loro distanze dal punto di appoggio*, se si chiamano l, l' le lunghezze delle braccia de' bacini B' B, noi avremmo le seguenti proporzioni:

$Q : p :: l' : l$ 1.° peso.

$Q : p' :: l : l'$ 2.° peso.

Donde si ha $Ql = pl'$, e $Ql' = p'l$; multiplicando queste equazioni si ha $Q^2 ll' = pp' ll'$; dividendo i due numeri per ll', ne viene $Q^2 = pp'$, donde finalmente $Q = \sqrt{pp'}$. T. R.

corpo abbandonato a sè stesso da un luogo elevato, quindeci piedi nel primo secondo (1); la celerità cresce in seguito succesivamente come i quadrati dei tempi, poichè la gravità continua ad agire sempre nel medesimo senso; ciò spiega perchè la caduta di una pietra da luogo elevato sia tanto pericolosa, perchè si corre pericolo di fracassarsi in cadendo dall'alto. La medesima legge ritarda il movimento de' corpi slanciati in aria, val dire che lo spazio che percorrono decresce nella medesima proporzione; e debbe esser così, dappoichè la proiezione vien continuamente sospinta da la gravità a seguitare direzione contraria a quella che le si è impressa.

Rigorosamente parlando la suindicata legge di movimento accelerato ha luogo soltanto nello spazio vòto di aria; dappoichè la resistenza dell' aria é anche forza che agisce costantemente, e per conseguenza controbilanoia in parte la forza ugualmente costante di gravità. Ma gli spazi che noi possiamo osservare sono tanto limitati che non possiamo valutare l' influenza di questa resistenza; il calcolo però dà modo onde tenerne conto. (2)

34. L' osservazione della caduta de' corpi da un luogo elevato di già aveva fatto scoprire a Galileo la legge di acceleramento che abbiam menzionata; ma era difficile studiare i particolari di questa legge, e renderla manifesta a tutti. La macchina di Atwood, rallentando l' azione della gravità senza cangiarne la natura, ha facilitato questo esame. Consiste questa macchina in una colonna, *fig.* 6, alta circa sei piedi, che sostiene una carrucola, per su la quale passa un filo di seta tanto fino, che se ne può considerare nulla la gravità; all' estremità di questo filo son situati due pesi perfettamente uguali DD; è evidente che in tale stato i due pesi si faranno equilibrio, in qualunque posizione si situino. A fianco della colonna sta fisso un regolo grande verticale E, diviso in parti uguali e che serve a misurare gli spazi percorsi. In questo stato, se aggiungiamo altro piccolo peso in supplimento al peso D, l' equilibrio sarà rotto, i pesi si metteranno in movimento, e quello sopraggravato, a capo di un secondo, si troverà al punto 1 della divisione (3); a capo del secondo secondo si

---

(1) E più esattamente 15, 097 — *I Tradutt.*

(2) Risulta da questo, che la *resistenza dei mezzi è in ragione dei quadrati delle velocità — I Tradutt.*

(3) Perciocchè questo corpo addizionale, se si lasciasse liberamente

troverà al punto 4; a capo del terzo, al punto 8; quindi al punto 16 ec.; finalmente seguitando la legge de' tempi. Nella vera macchina di Atwood, all'instrumento sta unito un pendolo a secondi, e la carrucola è complicata di altre ruote per diminuire l' attrito.

La stessa macchina serve a pruovare, che una forza acceleratrice, quando cessa di agire, fa percorrere al corpo sul quale si esercitava, uniformemente e nel medesimo tempo, uno spazio doppio di quello che ha percorso; per ottener questo effetto basta aggiungere a la scala un anello *d*, che lasci passare il peso principale, ma arresti il peso addizionale; allora si vedrà che se il corpo abbia di già percorse quattro divisioni, ne percorrerà uniformemente otto nel medesimo tempo, fino a chè sia arrivato sul sostegno.

35. La gravità non è la stessa per tutt' i luoghi della terra; essa è al suo minimum nell' equatore, ed al suo maximum nei poli. Questa variazione dipende da due cagioni; la prima è l' effetto della forza centrifuga, molto più energica all' equatore; due frombole differenti per lunghezza danno molto esatta idea di tale effetto; la seconda è risultamento della prima, e consiste nell' appiattimento della terra ai due poli; dappoichè abbiam veduto che la gravità, la quale agisce dal centro della terra, diminuisce d' intensità a misura che si allontana da questo centro. Or i poli essendo appiattiti stanno più vicini al centro; la gravità debb' esservi più considerevole, mentre nell' equatore ha luogo il contrario. Da questa osservazione di diminuzione della gravità, Newton con molta esattezza determinò la quantità dell' appiattimento del nostro globo. Pare che l'in-

---

cadere, cadrebbe naturalmente in virtù della sua gravità e con movimento tanto accelerato, che nol potremmo ben osservare, come si è detto. Ma questo corpo unito all' una od all' altra massa dell' apparecchio, non può discendere senzacchè questa partecipi del suo movimento; è dunque obbligato dividere con questa massa la forza ricevuta da la gravità, e ne risulta lo stesso effetto che se questa forza fosse ripartita uniformemente fra tutte le particelle di materia che compongono il sistema totale delle tre masse, e per tal maniera si attenua l' energia della sua azione individuale secondo la proporzione in che sta il suo peso con quelle delle sue masse. Per es. pesino insieme le due masse grosse grammi 499; la piccola pesi gramma 1; lo sforzo ordinario della gravità su questo gramma si distribuirà ugualmente fra le 50 che compongono il sistema, e gli effetti della accelerazione si troveranno ridotti al 1/500 di quelli che avrebbono dovuto aver luogo per lo volume naturale delle masse. Perciò si potranno osservare all' aria ed al vòto, dandosi luogo a piccola resistenza, ed a cagione della lentezza del movimento l'altezza di due metri basterà per far conoscere ogni particolarità. — *I Tradutt.*

tensità della gravità sia stata riconosciuta un poco minore su le alte montagne che al livello del mare: quest' effetto dipende da la medesima cagione.

36. La forza di attrazione che si manifesta, e donde risulta la gravità, non risiede solamente nel nostro globo, essa appartiene a tutte le molecole de'corpi; la somma comune dell'attrazione di tutte queste molecole è quella che dirige costantemente la gravità verso il centro della terra. I nostri astronomi nella misura del meridiano in America di già avevan creduto accorgersi che le alte montagne facessero deviare da la verticale i loro instrumenti; ma in seguito Maskeline in Iscozia, ed Humboldt in America hanno evidentemente riconosciuta questa influenza.

37. Ma una pruova diretta dell' attrazione di tutt' i corpi è somministrata da la bilancia di torsione inventata da Coulomb. Quest'instrumento è essenzialmente composto, *fig.* 7, di un filo metallico verticale D, più o meno lungo, la cui estremità superiore è attaccata ad un punto fisso, e l' inferiore, ch' è distesa da un piccolo peso C, porta un ago orizzontale AB terminato con due palline; il tutto è contenuto in cassa di vetro, e due quadranti graduati facilitano la misura delle forze. Per applicare quest' instrumento a misurare l' attrazione, che tutt' i corpi della natura esercitano gli uni sugli altri in ragion diretta della loro massa, ed inversa del quadrato delle loro distanze, basta fare scendere verticalmente, innanzi all' estremità dell' ago, ed in direzione opposta, due sfere di qualunque materia; subito queste due sfere e l' ago si attrarranno reciprocamente; e, siccome le prime si suppongono immobili, si vedrà l' ago ad esse avvicinarsi, finchè la forza di ritorcimento del filo faccia equilibrio coll' attrazione, e lo fissi nel giusto punto dopo una quantità di oscillazioni. Mercè quest'instrumento, e paragonando la durata delle oscillazioni dell'ago con quelle del pendolo, Cavendish ha trovato che il globo ha la sua densità media cinque volte e mezzo (1) maggiore di quella dell' acqua (2).

---

(1) Non v' ha tra gli fisici accordo perfetto su questo punto. Secondo le osservazioni di Cavendish, la densità media della Terra sarebbe 5,48, quella dell' acqua presa per unità: secondo Maskeline, sarebbe 4,56: secondo Playfar, 4,86: secondo le recenti osservazioni instituite da Carlini sul Monte Cenisio, sarebbe 4,39 — *I Tradutt.*

(2) Questi cinque elementi entrano nelle leggi del movimento, forza motrice F, massa M, spasio E, tempo T e velocità V.

La forza motrice si misura moltiplicando la massa del corpo per la

SEZIONE IV.

Capillarità.

38. Coll' espressione *fenomeni capillari*, i fisici indicano certi effetti, i quali, secondo abbiam di già annun-

---

velocità impressa a questo corpo; un tal prodotto si chiama la sua quantità di movimento, ossia Q, donde

$$Q = M V \ .$$

È massa di un corpo la quantità di materia che lo compone. Le masse M, M' dei corpi sono proporzionali ai loro pesi p, p'

$$\text{ossia } \frac{M}{M'} = \frac{p}{p'}$$

La celerità di un corpo è lo spazio che questo corpo percorre uniformemente in dato tempo, che si prende per unità. (Vedete in seguito ciò che s' intende per *movimento uniforme.*)

Quando una medesima forza agisce sopra differenti mobili, imprime ad essi velocità che sono in ragione inversa delle loro masse.

Le forze motrici sono fra loro come le quantità di moto che producono.

Queste forze, se le masse sono uguali, stanno fra loro come le velocità che imprimono.

Se le velocità sono uguali stanno fra loro come le masse su le quali agiscono.

La densità di un corpo, ossia il suo peso sotto dato volume, è uguale al rapporto del suo peso al suo volume, dunque,

Se il volume è uguale, le densità dei corpi sono proporzionali ai loro pesi;

Se il peso è uguale, le densità sono in ragione inversa dei volumi.

In generale, le densità sono come il rapporto diretto dei pesi, multiplicato pel rapporto inverso dei volumi.

Il peso di un corpo è uguale al suo volume, multiplicato per la sua densità.

Il volume di un corpo è uguale al suo peso, diviso per la sua densità.

I movimenti di un corpo si distinguono in uniforme, accelerato o ritardato.

Il movimento uniforme è quello di un punto materiale che percorre spazi uguali in tempi uguali; questo lo esprime il rapporto

$$E = V T.$$

I movimenti, uniformemente accelerati od uniformemente ritardati, son quelli che crescono o decrescono per gradi uguali, od anche quelli in cui gli spazi percorsi crescono o decrescono in ogni istante successivo di una medesima quantità.

Le relazioni seguenti si applicano a tutt' i casi del movimento, uniformemente accelerato per l' azione di una forza costante f (g indica la gravità, di cui assegneremo il valore); t è il tempo ch' è passato dal momento in cui il corpo si è posto in moto, v la velocità che ha acquistata dopo il tempo t, ed e lo spazio che ha percorso nel medesimo tempo.

ziato, riconoscono per cagione l'attrazion molecolare, os-

$$e = \frac{1}{2}\, t\, v = g f t^2 = \frac{2\, g f}{v^2}$$

$$v = \frac{2\, e}{t} = g f t = \sqrt{2 g f e}$$

$$t = \frac{2\, e}{v} = \frac{v}{g f} = \sqrt{\frac{e}{\frac{1}{2} g f}}$$

$$f = \frac{v}{g\, t} = \frac{2\, e}{g\, t^2} = \frac{v^2}{2 g e}$$

Nei movimenti di questa natura, basta conoscere il rapporto della forza f a la gravità, per calcolare in seguito lo spazio, il tempo, o la velocità, e reciprocamente, conoscendo lo spazio percorso in dato tempo, oppure la velocità acquistata a la fine di questo tempo, si ottiene il valore di f.

Quando la gravità agisce liberamente, come per es. quando un corpo cade seguendo una verticale nel vòto, le relazioni addivengono

$$e = \frac{1}{2}\, g\, t^2 = \frac{v^2}{2 g} = \frac{1}{2}\, t\, v$$

$$v = g\, t = \frac{2\, e}{t} = \sqrt{2\, g\, e}$$

$$t = \frac{v}{g} = \frac{2\, e}{g} = \sqrt{\frac{2\, e}{g}} = \sqrt{\frac{e}{\frac{1}{2}\, g}}$$

$$g = \frac{v}{t} = \frac{2\, e}{t^2} = \frac{v^2}{2\, e}$$

g, ossia ciò che si chiama la gravità, rappresenta le velocità, che la forza acceleratrice imprime al mobile durante l'unità di tempo; g è dunque uno spazio, una lunghezza. Sperienze fatte a Parigi, mediante le oscillazioni del pendolo, hanno dato

g = 9 m. 808672 o in piedi 30. 19546
log. g.. 0 9916103 . . . . . . 1. 4799416

per la velocità che il peso comunica ad un corpo durante il primo secondo della sua caduta nel vòto; ma questo valore dipendendo dall'attrazione terrestre e da la forza centrifuga, varia secondo variano esse.

La gravità è al polo . . . = 9 m. 805472 (1 + 0. 002837)
all'equatore = 9 m. 805472 (1 — 0. 002837)

ed in un luogo qualunque, a livello del mare, a la latitudine λ, si ottiene, designandola per g'

g' = 9m. 805472 (1 — 0. 002837 cos 2 λ)

essendo l'appiattimento della terra 1/290.

Finalmente, se il corpo in vece di essere semplicemente soggetto alla gravità, venisse slanciato verticalmente dall'alto in basso, o dal basso in alto, con una velocità data a, si avrebbe

$$e = t a \pm \frac{1}{2}\, g\, t^2$$

sia forza di coesione (1) delle particelle materiali; questi fe-

Il segno — si adopera per la proiezione ascendente; ed il segno + per la proiezione discendente.

Nelle quistioni che non richiedono massima esattezza, la gravità si fa = 10 in vece di 9. 81: allora *la velocità acquistata è in metri dieci volte il numero de' secondi.*

Tavola della caduta de' corpi nel vòto

TEMPI IN SECONDI.	SPAZI PERCORSI IN METRI.	SPAZI PERCORSI IN PIEDI.	VELOCITÀ ACQUISTATE IN METRI.	VELOCITÀ ACQUISTATE IN PIEDI.
1/2	1. 226	3. 78	4. 904	15. 1
1	4. 904	15. 10	9. 809	30. 2
1 1/2	11. 035	33. 97	14. 713	45. 3
2	19. 618	60. 39	19. 618	60. 4
2 1/2	30. 662	94. 36	24. 522	75. 5
3	44. 140	135. 88	29. 426	90. 6
3 1/2	60. 079	184. 94	34. 331	105. 7
4	78. 470	241. 57	39. 235	120. 8
4 1/2	99. 314	305. 73	44. 140	135. 9
5	122. 610	377. 45	49. 044	151. 0
5 1/2	148. 358	456. 71	53. 948	166. 1
		tese. piedi.		*piedi.*
6	176. 558	90 — 3. 5	58. 853	181. 2
6 1/2	207. 211	106 — 1. 9	63. 767	196. 3
7	240. 316	123 — 1. 8	68. 662	211. 4
7 1/2	275. 873	141 — 3. 3	73. 566	226. 5
8	313. 882	161 — 0. 3	78. 470	241. 6

Per compire la teorica del movimento di proiezione rettilineo aggiungiamo all' equazione

$$e = at - \frac{1}{2} gt^2 \text{ l'altra } v = a - gt;$$

nella quale v esprime la velocità dopo il tempo t. Dessa dimostra che gt crescendo col tempo t, la velocità v decresce continuamente; dessa sarà nulla, val dire, il corpo cesserà di ascendere quando si avrà

$$a = gt,$$

ed allora sarà passato un tempo $= \frac{a}{g}$, il mobile avendo percorso uno spazio od essendo arrivato ad un' altezza

$$e = \frac{a^2}{2g}.$$

Arrivato là, ricade con velocità sempre crescenti; quindi *un mobile pesante cadendo verticalmente, non impiega maggior tempo nel salire che nel discendere, e la velocità che acquista nello scendere è uguale a quella che aveva nel salire.*

Per l'applicazione di queste diverse formole si può consultare il *Manuale di applicazioni matematiche.* T. R.

(1) Noi già abbiamo definita l' attrazion molecolare, la forza di coe-

nomeni sono stati chiamati capillari, perchè la prima volta si osservarono in cannelli strettissimi, e perciò paragonati ad un capello; fenomeni curiosisssimi, giacchè ci porgono alcune nozioni intorno a la constituzione dei corpi, ed a le azioni delle loro molecole, e ci conducono a deduzioni, cui si può accordare compiuta confidenza, per essere stati assuggettati a rigoroso calcolo, non ostante la loro infinita varietà. Esponghiamo da prima i più ragguarde voli fra gli fatti osservati, procureremo in seguito di dare un'idea della teorica, a la quale il Sig. de Laplace è pervenuto a rannodarli.

39. Se si applica un corpo superficie piana sopra di un altro corpo levigato o sopra un liquido, si avvertirà esser necessario un certo sforzo per separarnelo, e questa forza di coesione ha luogo non solamente fra due corpi solidi, e fra liquidi e liquidi, ma benanche fra le stesse molecole de' liquidi; dappoichè, per es. se si sospende un disco di vetro ad una bilancia per misurare la sua forza di adesione coll' acqua, essendo questo corpo suscettivo di bagnarsi, si riconoscerà (oltre l'adesione del liquido e del solido, pruovata dacchè il primo bagna il secondo) una certa coesione fra le particelle del liquido: di fatti vi abbisognerà peso maggiore per operare la separazione che per fare equilibrio al leggiero strato di liquido rimasto aderente al disco. Dall'altra parte se s'immerge un cannello strettissimo nell'acqua, si osserverà il liquido innalzarvisi al di sopra del suo livello, e constituirvi una superficie cóncava verso l'aria, *fig.* 8, mentre se l'interno del cannello si è precedentemente unto di sostanza grassa, il liquido resterà al di sotto del suo livello e prenderà la forma di superficie convessa, *fig.* 9. Del pari se s' immerge un cannello nel mercurio, si osserverà questo liquido mantenervisi al di sotto del livello, laddove poi s'innalzerà al di sopra se si ripulisce interamente il cannello dell' acqua che sempre resta aderente a le sue pareti; l' essere o no il cannello bagnato dal liqnido determina la forma della superficie di questo. La stessa osservazione si presenterà tanto nei cannelli di forma conica, che intorno ai corpi e tra gli piani immersi nei liquidi, *fig.* 10 ed 11. L' ascensione dell' acqua nel legno, nello zucchero, nella sabbia; dell' olio nel lucignuolo, e generalmente de' liquidi ne' corpi porosi; la vegetazione dei sali, val dire le cristal-

---

sione, e l'affinità; qui, siccome in qualche altro capitolo, l'autore ha scambiata la coesione coll' affinita; a quest' ultima si attribuiscono i fenomeni capillari. — T. R.

lizzazioni che oltrepassano la superficie dei liquidi ; la forma sferica delle gocciole liquide sospese ; la forza che spinge gli uni verso gli altri ; o qualche volta respinge i corpi galleggianti a la superficie o sospesi nel seno delle acque , sono fenomeni capillari , che dipendono da la medesima cagione e si spiegano con la medesima teorica.

40. Tutte le azioni , di cui abbiam parlato , hanno luogo tanto nel vòto quanto nell'aria; desse sono indipendenti da la natura e da la quantità di materia de'corpi che vi si suggettano ; cosicchè sia qualunque la densità delle pareti di un cannello , il liquido vi si manterrà a la medesima elevazione ; il solo diametro agisce su quest' altezza ; donde conchiudere è duopo che la forza , la quale produce questi fenomeni, si manifesta soltanto a picciolissime distanze che appena possiam noi valutare; a distanze infine che sono minori del leggiero strato di umidità che si attacca a le superficie di molti corpi. A questa descrizione si ravvisa l'esercizio dell'attrazion molecolare , attrazione , da la quale dipendono le affinità chimiche , quando è più intima , più diretta , quando si esercita da molecola a molecola.

Di fatti il Sig. de Laplace ha dimostrato, che ammettendosi quest' attrazione a piccola distanza si ha la spiega de' fenomeni su menzionati ; avendo egli dimostrato col calcolo che se un' azione qualunque è capace di mutar la forma esterna di una superficie, di renderla concava o convessa, come nei fenomeni che stiamo studiando , essa rompe l'equilibrio con le parti vicine , e debbe perciò determinare in questa parte , se le molecole sono suscettive a muoversi , elevazione od abbassamento. Or noi quì vediamo che l'attrazion molecolare , pei corpi capaci di bagnarsi , determina la formazione di superficie concava ; e per quelli spalmati di un corpo grasso , o che non si possono bagnare , vedíam l' attrito del liquido contro le pareti secche produrre superficie convessa : il liquido dunque debbe innalzarsi nel primo caso ed abbassarsi nel secondo. Lo stesso scienziato dimostra purè che tutte queste azioni sono tanto più forti, per quanto il diametro de' cannelli è più piccolo (1).

---

(1) Per maggiori particolarità, riscontrate le memorie del sig. de Laplace , e pe' movimenti de'corpi galleggianti, una Memoria di Monge , nella Collezione dell' Accademia. Vedete anche il *Traité de Physique* del sig. Biot , 4 vol. in 8.°

SEZIONE V.

Attrito.

41. L' attrito offre parimenti moltissimi fenomeni prodotti e dipendenti da la medesima cagione che produce quelli testè studiati. L' effetto dell' attrazion molecolare si ravvisa all' osservare un corpo a superficie perfettamente levigata e polita scorrere, sopra un piano inclinato ugualmente ben levigato, con velocità incomparabilmente men grande di quella che dovrebbe acquistare in virtù dell'azione della gravità, velocità che dà la scomposizione delle forze p e p', *fig.* 12. È evidente che ciascuna molecola della superficie de' due corpi in contatto tendendo aderire l'una all'altra, debbe risultarne una forza totale che controbilancia in parte lo sforzo della gravità universale; e ciò che dimostra, che questa cagione molto influisce su gli effetti dell'attrito, si è il riconoscersi che la sua energia è proporzionale a la pressione; di fatti in questo caso il contatto debb'essere più intimo. Si ravvisa pure che questa energia acquista maggior forza fra' corpi della medesima natura e che sono per alcun tempo restati a contatto, come se in questo caso le relazioni di simpatia avessero avùto maggior tempo per istabilirsi.

42. Ma noi abbiam veduto che l'azione della forza di coesione (1) si estende fra confini assai circoscritti, ha luogo cioè soltanto a piccolissime distanze; dunque tutte le resistenze che ci offrono i corpi pel loro attrito, quando si lasciano scorrere gli uni contro gli altri, debbonsi ripetere da questa medesima cagione: oltre a ciò dipendono ancora da un' altra proprietà generale che abbiam trovata ne' corpi, val dire dall' ordinamento delle loro molecole, da la porosità; ed è facile conoscere che non può essere diversamente. Tutt' i corpi, anche i più levigati sono ingombri di scabrosità, son disseminati d'infiniti forellini; quando dunque si trovano a contatto debbe necessariamente esservi compenetrazione delle scabrosità; ciò che necessariamente produce resistenza più o meno forte al movimento che si vuole imprimere ad uno de' due corpi. Ammessa questa spiegazione, è facile intendere tutti gli effetti, ed anche i più complicati, dell'attrito, ed è facile prevederli e misurarli in molti casi: ciò è immensamente utile per valutare la forza reale

---

(1) Spiace dover avvertire il medesimo errore. Bisogna leggere *affinità*. T. R.

d' infinite macchine d' ogni genere. Questa reciproca compenetrazione delle scabrosità della superficie dei corpi, vien provata in modo irrefragabile da fenomeni che ci cadon continuamente d' innanzi agli occhi; così veggiamo in mille occorrenze che si diminuisce l'attrito interponendo fra i due corpi una sostanza grassa, suscettiva di livellare in parte le scabrosità delle superficie; veggiam tutt'i corpi consumarsi, ripulirsi per l'attrito continuo anche de'più dolci coi più scabri; veggiamo l' acqua solcare le più dure rocce e lasciar tracce continuamente crescenti. Questi effetti dimostrano la resistenza che un corpo oppone a lo scorrere di un altro in contatto con esso, e lo sforzo necessario ad operarne la separazione.

CAPITOLO VII.

MOVIMENTO E RIPOSO.

43. Nel capitolo secondo abbiamo osservato, che le molecole materiali occupano necessariamente un certo luogo nello spazio assoluto, val dire in una estensione immutabile, immensa, che si prolunga in tutt'i versi; queste molecole se non sieno sospinte da alcuna forza, se nessuna potenza interna od esterna le modifichi, persisteranno nel pristino loro stato e resteranno nell'*inerzia*, val dire staranno in continuo riposo od in continuo movimento. L'inerzia dunque è proprietà generale della materia, come il riposo ed il movimento, che ne sono le conseguenze (1); dappoichè i fisici-geometri da la sola considerazion matematica delle proprietà dell' inerzia han dedotte le leggi generali dell' equilibrio e del movimento dei corpi, ed a queste leggi hanno attribuiti gli effetti infinitamente svariati delle numerose forze che agiscono intorno a noi. Per conseguenza ognun vede che lo studio di queste leggi più specialmente appartiene a le scienze fisico-matematiche, a la geometria, ed a la meccanica; ma siccome costantemente spiegano influenza su tutt'i fenomeni della natura, così ci troviamo nell'obbligo di quì indicarne i principali risultamenti.

44. La cagione, che fa passare un corpo dall'inerzia al movimento od al riposo, è a noi ignota; nondimeno egli

(1) Questa proprietà de' corpi non è se non apparente; giacchè le masse o le molecole de' corpi, che sembrano essere in riposo, sono in equilibrio, e tale stato è prodotto dal contrasto delle forze attrattive e ripulsive. È permesso in meccanica supporre questo riposo inerte, ma è difetto l'ammettersi in iscienza. — *I Tradutt.*

è evidente che una molecola di materia, che stia in movimento nello spazio, non potrà fermarsi, mutar direzione o velocità, e che una molecola che stia in riposo non potrà muoversi senza l'azione di cagione agente. Ma questa cagione è forse esteriore? Nell'affermativa, consist'essa in qualche agente separato, oppure è inerente a la materia? Gran numero di filosofi, senza troppo fermarsi a tali quistioni, che però richiedevano di esser le prime rischiarate, e considerando che il movimento, con successione non interrotta, con perpetua rotazione, sembra produrre mutare distruggere ogni cosa, vollero ridurlo ad un tipo unico e lo personificarono. Non vale il ridire che teoriche tanto vaghe non possono soddisfare al fisico; questi ignora le cagioni primitive del movimento; senza dunque infruttuosamente lampiccarsi a darne spiegazione, si contenta chiamar *forza motrice* il principio, qualunque sia, che sembra cagione immediata di un mutamento nello stato di riposo o di movimento di un corpo. (1).

La natura ci offre moltissime di queste forze motrici, che nell'agire si complicano infinitamente, mediante il loro intreccio, il lor modo di operare, i corpi a cui son applicate ec. Le arti che han saputo mettere a profitto le forze motrici della natura, vi hanno ancora aggiunta infinità di combinazioni e di complicazioni. Però le forze motrici si possono classare sotto tre tipi differenti. Talune sono conseguenze di certe proprietà generali che abbiamo riconosciute nei corpi materiali. Così l'impenetrabilità, la porosità, l'elasticità, l'espansibilità, la durezza, la fluidità, ec., che producono urti e resistenze, in talune occorrenze debbono dar luogo a movimenti: e questi sono i più facili a concepirsi. Altre forze risultano dall'azione de' muscoli e degli organi degli animali, e probabilmente anche de' vegetali; la cagione n'è assolutamente ignota. Altre finalmente che ci sono anche poco cognite, dipendono dall'azione di taluni agenti, quali sono il calorico, la luce, l'elettricità, il magnetismo, e da quelli che producono tutti i fenomeni di gravità, di attrazione, di affinità (2)

---

(1) Questa riserba, comechè giudiziosa, non debb'essere piantata in principio, dappoichè varrebbe lo stesso che tornare a le *qualità occulte* degli scolastici. Bisogna invece por tutta l'opra possibile ad indagare le cagioni delle cose, se non che col metodo rigoroso dell'osservazione. Se non si fosse investigata la cagione produttrice del *caldo* e del *freddo*, i due opposti elementi di Aristotele vedrebbonsi ancora in vigore. — *I Tradutt.*

(2) Si è veduto che la porosità (§. 18.) che l'elasticità (§. 21.) riconoscono per loro cagione generale la presenza del calorico stanziato ne-

45. Il movimento ed il riposo, considerati nelle loro relazioni coll' estensione infinita, o con uno spazio limitato, sono *assoluti* o *relativi*. Noi conosciamo soltanto quelli di quest' ultima specie. Così gli obbietti messi in un battello, i corpi mobili situati a la superficie del nostro globo, stanno in riposo gli uni relativamente a gli altri; vengono però trasportati dal battello, girano con la terra dintorno al sole. Parimente quando riferiamo a la terra od al sole il movimento degli astri che osserviamo, noi abbiam conoscenza soltanto del movimento relativo, dappoichè la terra gira dintorno al sole, e questo indubitatamente, accompagnato da tutt' i pianeti, si trasporta verso qualche costellazione lontana.

Quando si studia l'azione delle forze motrici di un corpo, debbonsi prendere in considerazione molti elementi; val dire 1.° l' intensità, ossia l' energia con cui agiscono, donde risulta la velocità del movimento del corpo. 2.° Queste forze possono agire istantaneamente come l' urto, o costantemente come la gravità; ne risultano movimenti uniformi, accelerati, ritardati, di diversa velocità. 3.° La lor direzione, donde risulta il movimento del corpo o rettilineo, o secondo diverse curve. 4.° Queste forze possono agire liberamente od incontrare ostacoli di qualunque natura; ne risultano movimenti composti, quale appunto è quello del pendolo, uno fra' movimenti, il cui studio più importa, e che somministra mezzo sicuro e facile di misurare il tempo 5.° Infine, l'azione di queste forze può combinarsi talmente agendo sopra di un corpo, che si distruggono reciprocamente; allora ne risulta l' equilibrio di questo corpo. Secondo quest'ordine appunto noi disamineremo i fenomeni del movimento.

SEZIONE PRIMA.

Velocità.

46. Il riposo ed il movimento sono indifferenti ai corpi, dappoichè l'inerzia è proprietà generale della materia.

---

gl' interstizi de' corpi: l' espansibilità, la fluidità, come vedrassi in prosieguo, son prodotte da quest'agente medesimo. Senza dunque moltiplicare gli enti, e senza deviare da la sana logica, il primo tipo delle forze motrici qui indicato può *per ora* benissimo esser soppresso, ed invece far parte dell' ultimo. — *I Tradutt.*

Quindi ogni corpo messo in moto da una forza qualunque debbe continuare a muoversi indefinitamente se non incontra alcuna forza opposta, e la velocità del suo passaggio da un luogo ad un altro dipenderà unicamente dall' energia della forza impellente. Questo vuol dinotar la prima legge di Newton su la teorica del movimento; cioè che *il corpo immobile persiste nello stato di riposo, ed il corpo mobile nello stato di movimento uniforme ed in linea retta, finchè una forza motrice cambi il loro stato di riposo o di movimento.*

47. La traslazione di un corpo da un luogo dello spazio ad un altro non si può esattamente valutare se non con la misura della velocità. Questa misura si ottiene da quella del tempo (1), di cui si avrà l' idea dal paragone della successiva posizione del medesimo corpo in due diversi luoghi. Ogni movimento uniforme, simile, composto di una serie di fenomeni capaci d' esser valutati, e di cui possiamo osservare il cominciamento ed il fine, può somministrarci misura del tempo e per conseguenza della velocità. Questo era l' obbietto delle clèssidre, *fig.* 13, instrumenti che servivano ai Romani per misura ordinaria del tempo, e che consistevano d' ordinario in due vasi conici opposti e communicanti per un piccolo forame; uno di essi era pieno di acqua o di sabbia, e quando la materia in questo contenuta si era versata nell' altro, si capovolgeva l' instrumento per ottenere la medesima serie di fenomeni. Questo è pure l'obbietto delle mostre a molla e degli orologi a pendolo, i quali sono stati da noi sostituiti al mezzo imperfetto delle clessidre; poichè ove queste richiedevano continuamente la presenza di un osservatore, gli altri ci dimostrano da loro stessi, e senza incomodo, i più lunghi ed i più corti intervalli di tempo. Si è prescelto a base il periodo che passa fra due ritorni consecutivi del sole al meridiano; questo periodo si è diviso in ventiquattro parti ossia ore, ciascuna divisa in sessanta intervalli anche ugnali, chiamati minuti. Ognuno di questi ultimi è anche diviso in sessanta secondi: è necessario però fare talune correzioni, richieste da la ineguaglianza del movimento diurno, (2) che determina la durata del giorno; ma questo spetta all' astronomia.

---

(1) Ed anche da quella dello spazio. Può dirsi in generale che la velocità di un corpo è il rapporto fra lo spazio che percorre ed il tempo che impiega a percorrerlo. Un corpo per es. che percorre 60 piedi per minuto, avrà la velocità uniforme di 1 piede per secondo. T. R.

(2) Il movimento *diurno* è quello mediante il quale tutt' i corpi cele-

48. La misura del tempo ci permette acquistare misura esatta della velocità; dessa ci farà riconoscere esservi velocità uguali o disuguali, movimenti rapidi e lenti, uniformi o difformi; ci farà riconoscere che la quantità di moto, comunicata ad un corpo da qualsiasi forza motrice, dipende da la velocità da cui era animata questa forza, e da la massa del corpo; ciò che ci manodurrà a la scoperta della seconda legge newtoniana del moto; cioè, che *una forza viene misurata dal prodotto della massa e della velocità del corpo messo in movimento*. Di fatti, l' intensità di questo movimento per masse uguali è proporzionata a la velocità, per velocità uguali è proporzionata a la massa. La terza legge newtoniana del moto, *che quando due corpi agiscono l' uno sull' altro, le loro azioni e reazioni sono sempre uguali a la somma de' movimenti de' quali erano dotati*, si deduce anche da quello che abbiam veduto; dappoichè se due corpi inerti, di massa e velocità diversa, s' incontrano, le loro azioni si combineranno; ciascuno dovrà acquistare un nuovo movimento, e di quanto perderà l'uno profitterà l'altro. Si potranno anche combinar tali circostanze, in cui, le reazioni essendo uguali a le azioni, il movimento verrà dall' una e dall' altra parte distrutto.

SEZIONE II.

Diverse specie di movimenti.

49. Le forze possono imprimere ai corpi movimenti uniformi e variati. Il moto prodotto dall' azione istantanea di un urto sopra un corpo inerte sarà necessariamente uniforme, val dire farà percorrere al corpo spazi ugnali in tempi uguali, se non s' imbatterà in alcuna resistenza. Nel misurare questo movimento s' incomincia sempre dal toglier di mezzo questa resistenza, e si riconosce, siccome l' abbiam cennato di sopra, che la quantità di moto impressa è proporzionale a la velocità del corpo urtato. Questo però è vero in generale soltanto; ma molte circostanze particolari concorrono ad attenuare o modificare la terza legge di

---

gli sembrano girare intorno a la terra da oriente in occidente; è cagionato dal movimento di rotazione della terra sul suo asse da occidente in oriente, movimento la cui durata è perfettamente *uguale* e costante; la disuguaglianza provviene da la durata che si frappone fra due ritorni del sole al medesimo meridiano. T. R.

Newton. Fra queste circostanze, quella la cui influenza è più difficile a misurarsi, è la forza di coesione che produce i diversi stati di durezza e di mollezza, e l'elasticità che contiene la compressibilità, e la flessibilità. Nel primo caso si osserva che fin quando l' urto non sarà molto considerevole per rompere il corpo in frammenti, l' effetto di esso sarà tanto più grande per quanto il corpo urtato sarà più duro, e sarà tanto minore per quanto sarà più molle. Di fatti, in un corpo duro l'urto si comunicherà di molecola in molecola prontissimamente, e l' effetto non ne verrà attenuato come in un corpo molle, che, cedendo e cangiando forma, rende l'urto quasi nullo. Nell' elasticità ugualmente si vede che l' urto sarà tanto più efficace per quanto il corpo sarà meno elastico: dappoichè la reazione, e per conseguenza la distribuzione del moto, saranno allora tanto più deboli. Ben si comprende quanto queste proprietà, delle volte riunite delle volte separate, modifichino il movimento prodotto dall'urto; e se si aggiungono le variazioni cagionate da la forma de'corpi urtati ed urtanti, da lo stato di aggregazione, da la massa, da la velocità, da la direzione secondo la quale si urtano, si potrà riconoscere nient'altro essere più complicato quanto lo studio di questa sorta di movimento.

50. Abbiamo dippiù supposto, ch'esso fosse sempre uniforme; ma tale uniformità non si ritrova realmente in natura. Noi dobbiam tener sempre conto delle resistenze cagionate dall' attrito e dal mutamento di luogo de' corpi circostanti; dobbiam sempre almeno valutare la resistenza dell'aria, che non ostante fosse debole, non può venir trascurata nelle ricerche esatte. Ma questo non è tutto: la gravità è forza motrice universale, a la cui influenza non ci possiam sottrarre; gli svariati movimenti che risultan dunque da la sua maniera di agire vengono sempre a complicare gli altri movimenti.

51. Quando il mobile vien continuamente spinto dall' impulso di una forza motrice, che dopo averlo messo in moto continua ad agire sopra di lui, ne risulta movimento disuguale, che per maggior semplicità si considera come risultamento di una quantità di urti ripetuti. E' facile immaginare delle forze, la cui intensità non sia sempre costante; ma la natura ci offre soltanto forze acceleratrici costanti; desse sono puranche le più importanti e le sole che studieremo.

Ogni forza che agisce costantemente produce movimento accelerato o ritardato, secondochè il corpo si muove

nella sua direzione od in direzione opposta della forza. È questo il caso della gravità, siccome abbiam osservato nel capitolo precedente; non ostante la sua intensità diminuisse a misura che si allontana da la terra, pur nondimeno, nelle sperienze ordinarie si può trascurare questa variazione, e si può considerare la gravità come forza che agisce con intensità costante. Forza di questa natura agisce sui corpi tanto se stiano in riposo, quanto se stiano in movimento. Nel primo caso, dovrà calcolarsi questa sola forza; nel secondo, essa modificherà il movimento secondo la sua direzione; si aggiungerà a le altre, se il corpo si muove nella sua direzione; se ne sottrarrà se ha luogo nel senso opposto, ed in questo caso distruggerà a poco a poco la velocità limitata dell' impulsione, la distruggerà affatto, e tosto ricondurrà il mobile nella sua propria direzione. Da le considerazioni di quest'azione si riconosce, che per islanciare un corpo ad altezza determinata gli si debbe comunicare velocità d'impulsione uguale a quella che acquisterebbe cadendo da quest' altezza medesima.

SEZIONE III.

Direzione delle forze e de' movimenti.

52 La direzione, secondo la quale agisce la forza motrice, determina la direzione del movimento dei corpi. Da quanto precede risulta, che questa direzione debb' essere rettilinea e non altrimenti quando la forza agente è unica, sia essa istantanea od acceleratrice; dappoichè il corpo inerte, che le sta suggetto, da sè stesso non può deviare da la direzione in cui è stato slanciato. Ma quando più forze combinano la loro azione sopra di un corpo, la direzione del movimento diviene la risultante dell' azione di tali diverse forze; e se una di esse agisce costantemente, la direzione del movimento sarà curvilinea. In ogni caso la geometria somministra la direzione grafica del movimento e della velocità. Basta prendere sopra ciascuna delle direzioni la lunghezza percorsa durante l' unità di tempo prescelta, e compire il parallelogrammo, del quale essa somministra due lati, la diagonale esprimerà la grandezza e la direzione della velocità (Ved. *fig.* 14 e 15.)

53. E' facile comprendere, che combinando convenevolmente la direzione e la maniera di agire di queste forze, si potrà far descrivere ad un punto materiale ogni sorta di

curva e con ogni sorta di velocità. Sarebbe inutile studiare tutti questi diversi movimenti; ma dobbiamo fermarci sopra quello ch'è il prodotto di una prima impulsione istantanea, combinata con una forza costante, diretta verso un dato centro. Queste combinazioni di forze, chiamate *forze centrali*, determinano mediante la loro scomposizione le forze *centrifughe* e le forze *centripete*, dall'esercizio delle quali dipende il corso ammirabile di tutt'i corpi celesti, come pure il movimento del pendolo.

Il corpo suggetto a queste due forze vien continuamente spinto in due diverse direzioni, che abbisogna scomporle per riconoscerne l' energia; in virtù della forza centripeta esso tende costantemente a cadere verso il centro di attrazione, e sarebbe caduto con velocità accelerata se si fosse trovato in riposo quando la forza ha incominciata la sua azione; in virtù della forza d' impulsione, il corpo tende perpetuamente a seguire la linea retta, ed effettivamente prenderebbe questa direzione dall' istante in cui la forza centrale cesserebbe di agire. È facile ora il vedere quale direzione seguirà il corpo suggetto a queste due forze; dessa evidentemente consisterà nella curva prodotta da le diagonali di tutt'i piccoli parallelogrammi costruiti secondo la direzione e la velocità di ciascuna forza, di momento in momento, siccome si osserva nella *fig* 15, e siccome abbiamo superiormente spiegato. Questa direzione e questa velocità di ciascuna delle due forze laterali e centrali, potendo combinarsi in mille guise, è evidente che la forma di questa curva potrà variare all' infinito, a cominciare dal cerchio fino all' ellissi la più allungata, e fino anche a la parabola ed all'iperbole (1). I corpi celesti, che compongono il nostro sistema planetario, ci porgono infatti esempi di movimenti, che si eseguiscono giusta la direzione di tutte le succennate curve.

Si può anche renderle sensibili all' occhio facendo muovere una palla sospesa ad un filo. La gravità, che sollecita la palla a cercare la verticale, surroga la forza centrale, e l'impulsione che le si dà surroga la laterale; facendo variar questa per intensità e per direzione, si faran descrivere a la palla un cerchio o differenti ovali. La tensione della corda di una frombola, l' acqua che sgorga al di sopra di un vase che si fa girare, ci danno anche esempi

(1) Tutte comprese tra le sezioni coniche.

della forza centrifuga o tangenziale. Il rigonfiamento de' pianeti in generale, e del globo terrestre in particolare, all'equatore, ne sono anche effetto e pruova.

SEZIONE IV.

Pendolo.

54. I corpi non possono sempre obbedire semplicemente all'azione delle forze che gli spingono: ciò fa distinguere i movimenti liberi dai movimenti in date linee; perciò il corpo solido messo in movimento da un'impulsione, che non passi pel suo centro di gravità, prende un movimento composto: 1.° di un movimento di traslazione; 2.° di un movimento di rotazione d'intorno all'asse che passa pel centro di gravità; la maggior parte de' corpi celesti ci offre anche esempi di tali movimenti composti. Congenere a questi è pure il movimento del *pendolo*.

55. Un corpo pesante attaccato ad un asse fisso non può essere in equilibrio se non quando il suo centro di gravità si trova sul prolungamento della verticale dal punto di sospensione: se si allontana questo corpo da tal posizione, tenderà di ritornarvi con la sola forza di gravità, e vi si avvicinerà crescendo sempre di velocità fino a tanto che vi sia giunto. Allora la gravità troverassi nuovamente distrutta da la resistenza della sospensione, ma la forza d'impulsione costringerà il corpo a continuare a muoversi, allontanandosi da la verticale; la gravità dunque agendo in senso contrario tòsto distruggerà lo sforzo dell'impulsione e prenderà il di sopra. Ne risulterà un movimento oscillatorio che sarebbe sempre uguale, dappoichè l'azione della gravità cresce e decresce alternativamente nella stessa proporzione, se nessun ostacolo venisse a modificarla; ma la resistenza del punto di sospensione, dell'aria, il peso del filo, sono ostacoli tali ch'è impossibile compiutamente distruggère.

56. Intanto la teorica delle oscillazioni del pendolo si applica a cose della più grande importanza, e si comprende che per diminuire l'energia degli ostacoli bisogna sospendere a finissimi fili corpi pesanti e compatti, *fig*. 16. Inoltre, nelle ricerche di fisiea non si affigge grande importanza ad ottenere ampiezza uguale negli archi che descrive il pendolo; si mira principalmente ad osservare la durata delle oscillazioni; e si sa esser questa la stessa, o che il pendolo percorra tutto il semi-cerchio, come al-

l'istante in cui si mette in movimento, o che il suo movimento sia sensibile soltanto al microscopio, come accade qualche volta a capo di ventiquattr'ore. Questa proprietà, conseguenza dell'azione della gravità, si chiama l'*isocronismo* delle oscillazioni: altra proprietà del pendolo, che dipende da la medesima cagione, consiste in ciò che la durata delle oscillazioni varia in ragione della lunghezza del pendolo.

57. Riconosciute queste proprietà del pendolo si è pervenuto a dedurne grandi conseguenze. Così il numero uguale delle oscillazioni in dato tempo nel medesimo luogo, prova l'invariabilità della gravità; l'accrescimento di questo numero quando si avvicina ai poli, la diminuzione quando si va verso l'equatore, pruovano l'indebolimento della gravità, e somministrano la misura dello schiacciamento del globo: l'indebolimento della gravità vien anche pruovata da le leggiere differenze che si osservano nel pendolo su le alte montagne (1); in fine pruova questo istrumento che tutt'i corpi acquistano per la gravità la medesima velocità nella caduta, dappoichè la durata delle oscillazioni è indipendente da la natura del pendolo.

58. Essendo le oscillazioni di differente durata, in ragione della lunghezza del pendolo, era naturale di doversi adoperare questo mezzo per la misura del tempo, dappoichè offeriva il vantaggio di dare in ogni istante la richiesta durata, e conservavala in seguito invariabilmente: ciò appunto si è eseguito, ed ora tutti gli orologi vengon messi in moto da un pendolo, chiamato *bilanciere*; ma nella costruzione di essi si è presentata una difficoltà: il calore dilata i corpi, il freddo li restringe, come vedremo appresso; il pendolo suggetto a le variazioni della temperatura, muta dunque lunghezza, e per conseguenza varia di celerità nelle sue oscillazioni; questo cangiamento, non ostante fosse piccolissimo, importava che non fosse trascurato. Mediante i *compensatori* si è pervenuto a rimediare a questo inconveniente. Noi non possiamo entrare nelle particolarità risguardanti la loro costruzione; direm soltanto che il calore non dilatando equabilmente tutt'i metalli, per es. il ferro ed il

(1) È questo un corollario della legge che assegna la durata di ciascuna oscillazione, o il tempo di ciascuna oscillazione nello stesso pendolo è in ragione inversa del peso del pendolo, o dell'intensità della gravità, che lo mette in moto; e, ciocchè torna lo stesso, il numero delle oscillazioni nello stesso pendolo è in ragione del peso, o dell'intensità della gravità che lo produce — *I Tradutt.*

rame, in tutt' i compensatori si è tirato partito da questa proprietà per conservare lunghezza uniforme, non ostante le variazioni di temperatura, frà il punto di sospensione ed il centro della lente, chiamato centro di oscillazione. D'ordinario questo effetto si ottiene mediante un sistema di regoli, in cui quelli che sostengono il pendolo A B, *fig.* 17, sono di un metallo più atto all'espansione, e son costretti a dilatarsi da giù in su, mentre quelli che stanno attaccati al punto di sospensione C D, e che debbono dilatarsi dall'alto in basso, si allungano di una minor quantità; per compensar dunque con esattezza l'allungamento della verga del pendolo, non si tratta che di combinare la lunghezza de' regoli, di maniera che l'allungamento del rame da basso in alto compensi quello dall'alto in basso dell'acciaro: l'effetto si può far divenire più grande riunendo più telaià di diversi metalli, in vece di un solo, come rappresenta la *fig.* 18. (1).

(1) Diamo qui la teorica matematica del pendolo, compendiando le sue diverse proprietà.

Si chiama pendolo ogni corpo sospeso ad un punto fisso intorno al quale possa girare, il pendolo sarebbe *semplice* se lo componesse un filo non estendibile e senza peso, all'estremità del quale s'immaginasse una sola molecola di materia pesante. Questo pendolo ideale è facile a concepirsi, ma impossibile a construirsi; ogni pendolo che non sia semplice, ossia simile al precedente, si chiama *composto*. Sono proprietà fondamentali del pendolo, 1.° di segnare la direzione della gravità, 2.° di fare oscillazioni piane e sensibilmente isocrone, quando si allontana da questa direzione, e si abbandona a se stesso senza darli alcuna impulsione.

Sia l la lunghezza del pendolo semplice, g la gravità in un luogo dato, t la durata di una oscillazione in secondi sessagesimali, π il rapporto 3. 141593. . . . . del diametro a la circonferenza; per archi picciolissimi si ha,

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ donde } g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$$

Se l' sia la lunghezza di un altro pendolo situato in un luogo ove la gravità sia g' ed il tempo di un'oscillazione t', fra questi due pendoli si avrà la relazione

$$t : t' :: \sqrt{\frac{l}{g}} : \sqrt{\frac{l'}{g'}}$$

Se la gravità è la stessa, val dire pel medesimo luogo, questo rapporto diventa (1)

$$\frac{t}{t'} = \frac{\sqrt{l}}{\sqrt{l'}}$$

(1) Ossia, che i tempi delle oscillazioni di due pendoli, sono in ragion diretta delle radici quadrate delle loro lunghezze. Le lunghezze de' pendoli sono come i quadrati de' tempi impiegati a fare le loro oscillazioni. — *I Tradut.*

SEZIONE V.

Equilibrio de' corpi.

59. Abbiam veduto, che la combinazione di più forze agenti contemporaneamente sopra un corpo determina mo-

---

n ed n' essendo i numeri di oscillazioni fatte nella medesima durata, si ha

$$t : t' :: n' : n \text{ ed } n' : n :: \sqrt{l} : \sqrt{l'}$$

Se uno stesso pendolo si situasse in due diversi luoghi, la cui gravità fosse g, g', si ha

$$t : t' :: \sqrt{\frac{1}{g}} : \sqrt{\frac{1}{g'}} :: g' : g$$

Finalmente, se le oscillazioni di due pendoli siano uguali ne' luoghi g, g'

$$g : g' :: l : l'$$

Se gli archi non sieno infinitamente piccoli, e che v disegni il seno verso dell' angolo di una semi-oscillazione; la relazione seguente surroga la prima formola

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{8} v + \frac{9}{256} v^2 + \ldots \right)$$

Si può trascurare il terzo termine della serie quante volte l'ampiezza della semi-oscillazione non ecceda 4 a 5 gradi.

Si deduce da la formola precedente, che se il tempo di un oscillazione in un arco infinitamente piccolo è 1'', l' accrescimento pel tempo per un semi-arco

di 30° sarà di .	0. 01675
di 15°	0. 00426
di 10°	0. 00190
di 5°	0. 00012
di 2° 1/2	0. 00003

di maniera che per oscillazioni di 2° 1/2 da ciascun lato della verticale; l' aumento non monterebbe a più di 9'' in un giorno.

A Parigi, nel vòto, l ossia la lunghezza del pendolo semplice che batte la seconda sessagesimale del tempo medio all' Osservatorio, val dire 70 metri sopra il livello del mare, è

				logaritmi corrispondenti.
$l =$	0. 9938267	metri.	log. =	1. 9973106
	3. 059439	piedi		0. 4856419...
	36. 71327	pollici		1. 5648232...
	440. 5593	linee		2. 6440044

N essendo il numero delle oscillazioni che fa nel vòto a Parigi ed in un' ora di tempo medio, un pendolo, la cui lunghezza in metri è l, si ha

$$\log l + 2 \log N = 7.1099156.$$

La gravità diminuisce quando si ascende su le montagne, perchè si sta più lontano dal centro di attrazione. Sieno dunque R il raggio terrestre in dato luogo, h l' altezza di una sommità al di sopra del livello

vimenti composti, ed abbiam dato l' esempio di alcuni di cosiffatti movimenti; le forze possono anche combinarsi di tal maniera che un corpo, sospinto in differenti direzioni, rimane in riposo; questo si chiama *equilibrio*. Il centro

---

del mare (R ed h sieno riferite a la medesima unità) g la gravità, l la lunghezza del pendolo a secondi a questo medesimo livello, g' ed l' le medesime cose a la sommità, si ha

$$g = g'\left(1 + \frac{2h}{R}\right) = g' + \frac{2g'h}{R} \text{ e } g' = g - \frac{2gh}{R}$$

$$l = l'\left(1 + \frac{2h}{R}\right) = l' + \frac{2l'h}{R} \text{ ed } l' = l - \frac{2lh}{R}$$

La lunghezza del pendolo varia finalmente con la latitudine (1). Se A indica lo schiacciamento della terra, ossia la differenza de' due assi, quello dell'equatore preso per unità, L la lunghezza del pendolo all'equatore, D l' eccesso della lunghezza del pendolo al polo su la sua lunghezza all' equatore, si ha

$$A = 0.00865 - \frac{D}{L}$$

od essendo λ la latitudine di un luogo qualunque ed l la lunghezza del pendolo a questa latitudine

$$l = L + D \operatorname{sen}^2\lambda$$

Questa lunghezza l, calcolata dall' insieme di tutte le osservazioni de' Sigg. Biot, Bouvard, Mathieu, Arago, Chaix, Kater, Freycinet, Sabine e Duperey, combinate col metodo de' minimi quadrati, dà

$$l = 0.99102557 + 0.00507188 \operatorname{sen}^2\lambda$$

Per compiere quanto dir bisognava intorno al pendolo ci resta soltanto a dare il rapporto fra il pendolo semplice ed il pendolo composto. Or l essendo la lunghezza del pendolo semplice corrispondente ad un pendolo composto, d la distanza dal centro di gravità del pendolo composto al centro di sospensione, m il momento d'inerzia della massa di questo pendolo composto riferito ad un asse parallelo all' asse di sospensione, e passante pel centro di gravità, diviso per la masse totale (2), si ha

$$l = \frac{d^2 + m^2}{d}$$

---

(1) Il Sig. Biot, io uoa Memoria letta poco fa all' Academia delle Scienze, ha dimostrato che la gravità, e per conseguenza la lunghezza del pendolo, non è la stessa su tutt' i punti del medesimo parallelo, che anzi col tempo potrebbe variare in un medesimo luogo. Gl'Inglesi, che hanno preso per base del loro sistema metrico la lunghezza del pendolo, non hanno colpito lo scopo cui miravano, per essere questa base variabile.

(2) Si chiama momento d' inerzia la somma dei prodotti delle masse delle molecole di un corpo pei quadrati della loro distanze all' asse (che qui è parallelo all' asse di sospensione). T. R.

di gravità, sostenuto dividendo in due l'azione unica della gravità, è anche una specie di equilibrio: noi abbiam veduto esser questo il caso delle bilance. E' facile trovare quali sieno le condizioni dell'equilibrio di un corpo, applicando le leggi del movimento che noi abbiamo studiate in questo capitolo; or in generale si osserva che le forze, per controbilanciarsi, esser debbono opposte ed uguali; ma siccome lo stato di aggregazione de' corpi, che studieremo nel secondo Libro, modifica le particolarità delle condizioni necessarie all'equilibrio, ci limitiamo qui a tali considerazioni generali, e per le particolarità, rimandiamo ai capitoli seguenti.

LIBRO SECONDO

PROPRIETA' PARTICOLARI DEI CORPI.

60. Fin quì sono stato obbietto de' nostri studi le proprietà generali, che l' osservazioni e l' esperienza han fatto riconoscere nei corpi; la concatenazione delle idee, e le relazioni intime fra le cose, ci hanno qualche volta obbligati a slanciare un rapido colpo d' occhio su quanto ora studieremo più profondamente, ci han posti nella necessità di estendere le nostre ricerche su proprietà particolari a taluni corpi, ma dipendenti da le più generali che ci occupavano, finalmente ad aggiungere all' insieme de' fenomeni, per conoscerli compiutamente, l'enunciazione delle leggi che il ragionamento ed il calcolo hanno dedotte da questi fenomeni.

Per tal maniera appunto noi abbiam successivamente riconosciuto, che tutt' i corpi sono materiali, estesi, divisibili, impenetrabili nelle loro molecole constituenti, ma porosi nella riunione di queste; che sono tutti più o meno elastici; che tutti stanno suggetti all' azione della gravità; finalmente che tutti, essendo inerti, debbono necessariamente ubbidire a le forze motrici, ciò che determina le condizioni e le leggi del loro movimento o del loro riposo.

Passate a rassegna le proprietà comuni a tutt' i corpi, dobbiamo ora apparare intorno ad essi nozioni più precise, speciali; dobbiamo studiare tutte le loro qualità, tutt' i mutamenti che son capaci di sperimentare, tutte le azioni che possono esercitare; ma l' estendere di tal guisa lo studio della fisica sarebbe lo stesso che comprendervi quello di tutt' i corpi di natura in tutti gli stati, sotto tutte le forme, in tutte le loro combinazioni. Vediamo dunque da quai limiti stia circoscritto il campo della scienza che ci occupa.

61. Lo studio della composizione intima dei corpi, dei mutamenti di combinazione cui soggiacciono, è obbietto della *chimica*; lo studio de' corpi celesti, del loro cammino, delle loro rivoluzioni, della loro coustituzione, spetta all' *astronomia*; quello de' diversi fenomeni che accadono nell' atmosfera, de' mutamenti cui è sottoposta, a la *metereologia*; la *geografia* e l' *idrografia* si occupano dello stato della superficie del globo che abitiamo, non che della

sua forma, dimensione, delle rivoluzioni che possono modificarne taluna parte (1); finalmente lo studio de' corpi organici ed inorganici, della loro formazione, del loro sviluppamento, de' loro caratteri specifici è obbietto della *mineralogia*, della *zoologia* e della *botanica*, ciascuna delle quali si suddivide in molte altre scienze. Resta dunque a la *fisica speciale* il solo considerare i corpi quali riunioni di materia, suscettivi per conseguente di assumere diversi stati di aggregazione, e suggetti iu tali stati, per l'azione di diverse forze o di diversi agenti, a diverse modificazioni che potranno in tutto od in parte mutarne le proprietà.

62. Lo stato di aggregazione de' corpi e tutt' i mutamenti e le modificazioni di cui son capaci, constituiscon dunque l' obbietto principale della fisica; ma noi abbiamo di già avuta occasione di dire che sotto tal risguardo i corpi si debbono distinguere in solidi, liquidi e gassosi; vengono in seguito i fluidi imponderabili, che constituiscono una classe di esseri e di agenti affatto distinti. Quindi le divisioni, che dobbiamo adottare nel proseguimento di quest' opera, restano in siffatta guisa determinate.

CAPITOLO PRIMO.

CORPI SOLIDI.

63. Trattando dell' estensione e della figura dei corpi, abbiam già veduto in che i solidi si distinguano dagli altri: ogni riunione di molecole mantenuta da forza di coesione o di affinità, e che ad esser separata richiede uno sforzo qualunque, è corpo solido. Ora la forma di questo corpo, e delle parti che lo compongono, è regolare; ed allora è un *cristallo*, di cui un altra scienza se ne occupa; ora è irregolare, e si conosce non poter essere altrimenti dacchè la stessa forza di coesione, che mantiene insieme unite due molecole, mantiene pure unite le più grandi masse, come parimente abbiam veduto.

Nel principio del capitolo che tratta dell' elasticità già si è detto, che lo stato de' solidi considerar si doveva come quello in cui la forza di attrazione supera il principio ripulsivo, senza però distruggerne compiutamente l' azio-

(1) A queste aggiunger conviene la *geologia*, la quale ha per obbietto la conoscenza delle grandi masse che compongono la Terra, ed il loro modo di origine — *I Tradutt.*

ne; che i corpi regolari risultano da solidificazione libera, ed i corpi irregolari da solidificazione precipitosa, ed in certa guisa forzata, disturbata. La presenza del principio ripellente ne' corpi solidi, che or ora riconosceremo evidentemente, ci ha fatto capire senza difficoltà la porosità di questi corpi, la loro elasticità, flessibilità e molte altre proprietà su le quali non dobbiamo fermarci, dappoichè sono universalmente conosciute.

Già abbiamo sufficientemente studiata la tenacità de' corpi solidi, parlando della duttilità e divisibilità delle loro molecole; ne abbiam citato molti esempi notevoli; ci siamo ugualmente occupati del paragone fra la durezza de' solidi e la loro elasticità e malleabilità, dicendo poche parole delle modificazioni che fanno sperimentare a questi corpi le operazioni artificiali della tempera, del ricuocere, del martellare i metalli.

64. Era necessario premettere queste nozioni innanzi d' intraprendere a trattare le materie secondo l' ordine che seguitiamo, poichè desse sviluppano e compiscono l'obbietto del nostro studio, ed altronde, per intenderle, richiedono la semplice ordinaria cognizione de' corpi solidi; esse fan parte dello studio delle proprietà di questi corpi, che un fisico debbe conoscere, e su le quali sarebbe inutile nuovamente tornare. Da un altro lato, lo studio delle leggi della gravità, della sua maniera d' agire, della caduta de' gravi, del centro di gravità e delle bilancie; lo studio delle leggi e delle condizioni del moto, sopratutto per quel che risguarda la resistenza, l' urto, la massa de' corpi, contengono moltissime nozioni interamente e qualche volta specialmente applicabili ai solidi. L' obbietto dunque delle nostre ricerche su questi corpi si trova già in parte adempiuto, ed il nostro impegno intorno all' esposizione delle proprietà ad essi particolari di molto sminuito: per compirlo rimane a studiare le condizioni dell' equilibrio de'corpi solidi, la loro densità o peso specifico, e la maniera di misurarli; finalmente le leggi della dilatazione, cui son soggetti pel variare della temperatura, e la misura di questa dilatazione, ciò che ne darà motivo di parlare de' pirometri. (1)

---

(1) Questo termometro indica i mutamenti di temperatura dieci volte più prontamente de' termometri a mercurio; anche la sua sensibilità è molto più grande. Di maniera che sotto il recipiente di una macchina pneumatica, di cinque litri di capacità, e nella quale si fece il vòto con la massima prontezza possibile, discese da + 19 a — 4, mentrecchè il termometro a

Equilibrio de' corpi solidi.

65. Comprendere come avvenga l'equilibrio di un punto materiale, sospinto da una sola o da forze composte, non è molto difficile: è evidente che se la forza è unica, per far restare il corpo in riposo, basterà opporgli direttamente una forza precisamente uguale; questo è il solo caso in cui sia possibile l'equilibrio di siffatto corpo. Se le forze sono composte, mediante il parallelogramma delle forze abbisognerà determinare la *risultante*, e nel senso della direzione di questa risultante applicare una forza che le possa fare equilibrio: qualunque sia il numero, la direzione, e la velocità delle forze, sarà sempre possibile determinarne per tal maniera il valore, ridurle ad una sola risultante, combinandole successivamente, e per conseguente stabilire l'equilibrio distruggendo la potenza di questa risultante. Così nella *fig.* 19, si osserva che la risultante delle forze FF è nella direzione MC, e la sua intensità vien somministrata da la diagonale del parallelogramma *a b c d*. Le si farà equilibrio mediante una forza uguale applicata in senso contrario al punto C.

66. Se ora saper vogliamo le condizioni dell'equilibrio dei corpi solidi, val dire della riunione di dato numero di molecole invariabilmente fra loro unite, la quistione si presenterà più complicata. Possiamo in primo luogo supporre il caso, che tal corpo stia attaccato ad un punto fisso, intorno al quale possa girare soltanto; il corpo starà in equilibrio se le forze si dirigono verso il centro di questo punto fisso; in ogni altro caso il corpo prenderà movimento di rotazione, di cui la costruzione de' parallelogrammi ne assegnerà pure la direzione e l'intensità, e che si potrà pure distruggere con una forza contraria.

Se noi supponghiamo il corpo solido libero, vedremo che ogniqualvolta le forze agiranno in un medesimo piano, si potranno ridurre in una risultante comune, dappoichè si potranno applicare ad un medesimo punto; e sarà sempre così, potendosi supporre questo punto unito agli altri a cagione della rigidità del sistema. La linea di applica-

---

mercurio discese soltanto da + 19 a + 17. Quando si fece rientrar l'aria nel recipiente, il termometro metallico indicò + 50, prima che fosse sensibile il termometro a mercurio. T. R.

zione delle forze si può considerare come una verga inflessibile che trasmette l' impressione a tutto il sistema, e lo sostiene allorquando essa è sostenuta. Le forze uguali o disuguali in intensità, che agiscono su corpi regolari od irregolari, si equilibrano della medesima maniera; le forze parallele, come la gravità, si riducono al centro di gravità; ma ogni qualvolta le forze che agiscono sopra un corpo solido esteso non agiscono sopra un medesimo piano, è facile comprendere che non si possou ridurre ad una risultante unica, ed allora, per ottener l' equilibrio di tal corpo, bisogna distruggere direttamente ciascuna di tali forze. La spiegazione di cosiffatti differenti casi si osserva nelle *fig.* 20, 21, 22.

67. Tutta la teorica delle leve, delle carrucole, delle ruote, dei verricelli, del piano inclinato, delle viti, che non son altro se non piano inclinato contornato a spira, risulta da lo sviluppamento e dall' applicazione delle leggi dell' equilibrio e dall' azione delle forze; ma s' appartiene alla meccanica lo studiarle.

SEZIONE II.

Peso specifico de' solidi.

68. Abbiamo già detto, che il *peso specifico* ossia la *densità* di un corpo, è il paragone del suo peso assoluto col peso assoluto di un corpo preso per unità. L' acqua stillata, e nel suo massimo di densità, è stata generalmente adottata per termine di paragone della densità de' corpi solidi e liquidi; così dicesi che un corpo pesa una, due volte ec., od un numero frazionario, più o meno dell' acqua.

Egli è evidente che se al corpo di cui si vuol conoscere la densità si potesse dare un volume esattamente uguale ad un dato volume di acqua, per es., un centimetro cubo, nulla sarebbe più facile del conoscere questa densità coll' ordinario processo delle bilance; ma per molti corpi è difficilissimo ed anche impossibile di ottenere tale uguaglianza: si determina dunque il peso specifico con un processo indiretto.

69. Già sappiamo che un corpo più pesante dell' acqua perde di peso, in questo liquido, il valore esatto di quello del volume di acqua che caccia via, ed il grande Archimede, conoscendo le relazioni di densità fra l' acqua e l' oro, potè con ciò determinare la quantità di argento contenuta

in una corona che passava per oro puro. Questa operazione dunque dà la differenza del peso dell' acqua e del corpo che vi s' immerge, che è quanto cerchiam di sapere; ma è evidente che se si sforza a star sommerso nell' acqua un corpo di essa più leggiero, questo mezzo somministrerà pure la differenza del suo peso in meno. Nulla dunque di più facile che conoscere la densità di un corpo che non si scioglie nell' acqua, o che sia di un sol pezzo, o che sia in polvere, dappoichè tal circostanza non influisce sul peso. Basta pesare esattamente il corpo, del quale si vuol sapere la densità, prima nell' aria; si pesa in seguito una boccia o qualunque altro vase, pieno di acqua stillata; dopo queste due operazioni preliminari, s' introduce il corpo nella boccia, desso caccia via una parte di acqua; in questo stato si pesa nuovamente la boccia, e la differenza dà la densità del corpo in più od in meno. Se il solido si sciogliesse nell' acqua, come accade di molti sali, si sceglierebbe un altro liquido, per es., l' olio, o alcool, in cui non si sciolga: ciò addimanda un' operazione dippiù per conoscere le relazioni di densità fra i due liquidi.

70. Per ottener tutta la precisione nelle misure di questo genere, bisogna evitare una gran cagione di errore, val dire la presenza dell' aria o dell' umido intorno al corpo o ne' suoi interstizi. Debbonsi fare anche molte altre correzioni; debbe tenersi conto della dilatazione dei corpi, ridurre il peso dell' acqua a quello di sua massima condensazione, e sottrarre il peso dell' aria.

Il peso spefico può anche trovarsi sospendendo il corpo ad un filo attaccato al piatto di una bilancia, al luogo del pallone di vetro, nella *fig.* 1, e pesandolo prima nell' aria, poscia immerso nell' acqua. Si può trovare anche mediante l' *areometro di Nicholson*, cui descriveremo parlando degli altri areometri (1).

SEZIONE III.

Dilatazione dei solidi.

71. Abbiam di già annunziato avere il calore la proprieta di distendere, di dilatare tutt' i corpi, ed il freddo di restringerli, di condensarli; il calore ed il freddo che

(1) Daremo poco appresso la teorica matematica dei pesi specifici, come anche delle dilatazioni, con le rispettive tavole. T. R.

conosciam noi non sono assoluti, ma relativi: non debbe dunque recar meraviglia se gli effetti di cui noi abbiam parlato non abbiano limiti conosciuti. Il corpo può cangiare stato di aggregazione; ma in questo nuovo stato il calore continua ad aumentare il suo volume, il freddo a diminuirlo.

Ben si comprende di quanta importanza sia il conoscere un effetto tanto generale, che modifica la forma di tutt' i corpi, e di cui si debbe per conseguente tener conto, non solamente in tutte le sperienze di fisica e di chimica, ma ben anche in infinite altre circostanze nelle arti. Disgraziatamente la dilatazione dei corpi non segue una legge generale: lo stesso cambiamento di temperatura non dilata ugualmente tutt' i corpi, e ciascun corpo non si dilata ugualmente a tutt' i gradi di calore, nè si restringe ugualmente a tutt' i gradi di freddo. Per rimediare a quest' inconveniente i fisici moderni hanno intraprese esperienze dilicatissime per comporre tavole di dilatazione di quasi tutti i corpi conosciuti (1), ed in tutte le temperature naturali ed artificiali che noi possiamo osservare o produrre. Sembra intanto che ne' corpi solidi la forza di coesione si opponga all'azione del calore; per conseguenza più essa è considerevole, più la dilatazione dovrà esser debole; di fatti generalmente si osserva che i corpi più duri sono i meno dilatabili; ed i Sigg. Dulong e Petit hanno pruovato che questa dilatazione aumenta con la temperatura, e soprattutto approssimandosi il termine della fusione.

72. Mediante i *pirometri* si determina la misura di queste dilatazioni e ristrizioni. Di questi strumenti ve n'ha gran numero, ma tutti, nel mentre pruovano l'effetto del calore, offrono il grave inconveniente di non darne la misura esatta, e di non essere paragonabili, come il termometro, secondo i gradi di temperatura. Quello che sembra più suscettivo di esattezza è semplicemente composto da una barra metallica capace di dilatazione, A B, *fig*.23, contro la quale sta poggiato un ago che gira sopra un cerchio graduato, e per tal maniera misura la dilatazione della barra; ma è gran cagione di errore la dilatazione del sostegno della barra, l'effetto della quale si aggiunge a quello dell'instrumento: bisogna dunque renderlo invariabile per quant'è possibile, e farlo con ciò partecipare ai mutamenti di temperatura il meno che si possa. Per le alte temperature si usa il pirometro di Wed-

(1) Vedete queste tavole ne' trattati speciali di fisica e di chimica.

gwood, il cui zero corrisponde al calor rosso del ferro; calore che si stima equivalente a 580° del termometro.

73. Abbiam di sopra veduto come si controbilancia la dilatazione de' pendoli mediante i compensatori. Il Sig. Breguet ha profittato della proprietà che hanno i metalli di dilatarsi disugualmente onde construire un termometro sensibilissimo ed esattissimo: esso consiste in una riunione di piccole lamine di argento, di oro e di platino, ravvolte a spira, e che all' estremità sostengono un ago: il menomo mutamento di temperatura fa avvolgere o svolgere la spira, e fa girare l' ago che indica questo cangiamento sopra un cerchio graduato. La *fig.* 24 rappresenta quest' instrumento.

74. Gli effetti della dilatazione de' metalli sono di energia enorme; non si conosce forza capace di resisterli: se n' è tirato partito nelle arti per rimuovere ostacoli, ravvicinare volte fendute, raddrizzare muraglie, ec.

CAPITOLO II.

CORPI LIQUIDI.

75. I corpi che abbiamo studiati non tutti offrono il medesimo grado di solidità: gli uni resistono a tutti gli urti, danno fuoco percossi coll' acciarino: altri, come i grassi, cedono al menomo sforzo, sembrano prossimi a trasformarsi e si trasformano di fatti in liquidi, finalmente moltissimi altri offrono tutte le gradazioni intermedie fra questi estremi. Abbiam veduto, che la presenza del calore in maggiore o minore abbondanza negl' interstizi de' corpi è la cagione di questi differenti gradi di mollezza e di durezza, come pure de' mutamenti di stato de' corpi; ciò lo pruova il passaggio de' solidi in liquidi: di fatti innalziamo di alcuni gradi la temperatura, e vedremo fondersi questi grassi e trasformarsi in liquidi; continuiamo ad innalzarla, e vedremo prima il piombo, lo stagno, quindi l' argento, l' oro, il ferro passare ugualmente a lo stato liquido, dopo essersi successivamente dilatati, ammolliti di grado in grado; adoperiamo mezzi più energici, come ad esempio i raggi del sole concentrati nel foco di uno specchio, o la lampada animata da corrente di ossigeno, e potremo liquefare metalli, pietre, e quantità di altri corpi che sembravano totalmente non fusibili.

76. Ma dall' altra parte l' abbassamento di temperatura offrirà fenomeni opposti; già le variazioni che naturalmen-

te han luogo d' intorno a noi sono bastantemente forti per trasformare l' acqua in ghiaccio; ma abbassiamo artificialmente la temperatura, o pure trasportiamoci nelle regioni settentrionali del globo, e vedremo divenir solido financo il mercurio; di maniera che si può considerare come dimostrato non solamente che il calore è la cagione de' cangiamenti di stato de' corpi, ma benanche che tutti passerebbono successivamente da uno di questi stati all'altro, se li esponessimo a variazioni di temperatura bastevolmente forti.

77. Abbiam veduto, che la liquidità si poteva risguardare come stato nel quale l' attrazion molecolare ed il calore si componessero esattamente in equilibrio, e che tale stato dovesse ben di raro incontrarsi, poichè la temperatura varia continuamente: ed a rigore parlando esso non s' incontra quasi mai. Nondimeno i liquidi conservano questo stato durante variazioni più o meno considerevoli; la pressione dell' atmosfera, ed anche del liquido sopra sè medesimo, sembrano essere la cagione di questo prolungamento dell'equilibrio; dappoichè noi veggiamo la svaporazione, cioè la trasformazione de' liquidi in vapori, crescere a misura che la pressione diminuisce. Vedremo anche che nell' istante in cui un corpo perviene a lo stato di liquidità, acquista tanta maggior tendenza a trasformarsi in vapori, per quanto più s'approssima al momento di ebollizione; quì si riconosce l' effetto del calorico, che addiviene sempreppiù preponderante sull' attrazion molecolare: veggiamo anche i corpi più liquidi, se ci si permette questa espressione, ne' quali il calorico è più possente, aver molta maggior tendenza a ridursi in vapore che i liquidi grassi o vischiosi, ne' quali la forza di coesione sembra preponderante: cosicchè mentre il momento dell' ebollizione è per l' etere a 36°, per l' acqua a 100°, quello degli olii grassi è circa a 300°, e quello del mercurio a 350°.

78. I liquidi, che ci offre la natura nello stato di purità, sono in piccolissimo numero: appena possiamo comprendere in questa classe l' acqua, il mercurio, e taluni olii grassi ed essenziali. Ma se noi risguardiamo per liquidi differenti tutti quelli che contengono corpi disciolti o mescolati intimamente; se contiamo fra essi gli umori animali, come il sangue, la linfa; e vegetabili, come il cambio, i succhi proprii, troveremo una quantità infinita di corpi nello stato di liquidità. Noi quì specialmente ci occuperemo dell' acqua (stantè che quel che ne diremo si applica generalmente a tutt'i liquidi), non meno che di taluni che più

di frequenti si usano in fisica. Lo studio di tutt' i liquidi composti appartiene a la chimica ed a la fisiologia.

79. Non torneremo sopra quanto abbiam detto intorno a la porosità ed all' impenetrabilità, all' elasticità, a la compressibilità dell' acqua, ai fenomeni che presenta ne' cannelli capillari; debbesi in fatti richiamare a mente che se l' acqua ed i liquidi in generale sembran tanto penetrabili, ciò dipende dall' estrema mobilità e dal facile allontanamento delle loro molecole; che se dall' altra parte non offron quasi alcun' apparenza di porosità, di compressibilità e di elasticità (1), queste proprietà vengon sufficientemente pruovate da talune combinazioni intime, da le vibrazioni che questi corpi trasmettono, da la riflessione che sperimentano quando cadono; che posta l' estrema mobilità delle molecole di un liquido, desso non può stare in riposo se non quando sta a livello rispettivamente all' azione della gravità, e nessun' altra forza lo viene a disturbare da questo stato; donde risulta ancora che esso altra figura non può prendere se non quella determinata dai corpi che lo contengono; finalmente si ricordi che i fenomeni capillari che offrono i liquidi non meno che i solidi, tutti son dimostrati quali effetti di un' attrazione a picciolissima distanza.

Per terminare lo studio de'liquidi dobbiamo ora occuparci 1. della loro dilatazione, che ha dato luogo a la invenzione de' *termometri*, uno tra i più importanti ed utili instrumenti di fisica; 2. del loro movimento e delle condizioni del loro equilibrio, ossia dell' *idrodinamica* e dell' *idrostatica*, scienze nelle quali si trova la spiegazione di molti fenomeni importanti e singolari che ne presentano le arti o la natura, e che conducono a la construzione di macchine della più alta importanza; ciò che constituisce anche una scienza a parte, l' *idraulica*; questa parte dello studio de'liquidi appartiene specialmente a la meccanica ed a le scienze fisico-matematiche: noi dunque ci troveremo costretti a toccare a la sfuggita quest' argomento; 3. del loro peso specifico, ciò che ci condurrà a la descrizione degli *areometri*, instrumenti usitatissimi; 4. finalmente dell' ebollizione, ove vedremo i liquidi sopraccari-

(1) I sigg. Canton e Parkins avevano già direttamente pruovata la compressibilità dell'acqua in cannelli fortissimi, e l'avevano calcolata 0,000044 e 48 per ogni pressione atmosferica. Il sig. OErsted con un apparecchio di sua invenzione, rappresentato da la *fig.* 25, l' ha pruovata irrefragabilmente, e l' ha trovata uguale a 0,000045.

cati di calorico, cangiar nuovamente stato, ed assumerne un altro che permette l'assorbimento di gran quantità di calore.

SEZIONE PRIMA

Dilatazione de' liquidi.

80. Il calorico annidato fra le molecole de' corpi liquidi, come fra quelli de' corpi solidi, le allontana le une da le altre, ne aumenta il volume senza aumentarne il peso, e lor fa occupare spazio maggiore; su questo principio appunto poggia la dottrina de' termometri.

81. Un Olandese, chiamato Drebbel, fu il primo a concepirne la idea; ma esso consisteva in un imperfetto abbozzo, come la maggior parte delle scoperte al momento in cui l'alt'ingegno dell'uomo le tira dal nulla; tosto Newton e l'Accademia di Firenze lo perfezionarono alquanto, ed al presente non si usano altri che i termometri costruiti secondo i principi di Réaumur e di Fahrenheit.

Cosiffatti instrumenti son composti di un cannello di vetro terminato da una palla, *fig.* 26. È importante che questo cannello abbia un calibro perfettamente uguale, onde le divisioni risultino il più possibile uguali; dappoichè solo gl' instrumenti destinati a servire a sperienze importantissime si dividono parzialmente, facendo scorrere in un cannello una piccola colonna di mercurio, e segnando le sotto divisioni mediante il nonio (1). Si debbe scegliere anche un cannello stretto ed una palla molto forte, per ottenere effetti più sensibili.

Egli s' intende che se mettiamo in tale apparecchio un liquido qualunque, in virtù della dilatazione pel calore, e del restringimento pel freddo che acquista, ascenderà o discenderà nel cannello in ragione della temperatura; e se scelghiamo basi invariabili onde servirci di termini di paragone nel misurare, nulla sarà più facile del conoscere e paragonare i gradi di calore o di freddo osservati con quest' instrumento.

Nel capitolo precedente abbiam veduto che si misurano le alte temperature mediante i pirometri; ma questi

---

(1) Il nonio *fig.* 27, è composto di due regoli, uno de' quali, il nonio propriamente detto, è segnato con scala a molte divisioni, somministra all' istante, ed in maniera molto precisa le frazioni di divisioni segnate sul regolo principale.

sono di poco uso. I termometri per lo contrario, che ci danno la misura esatta delle menome variazioni delle temperature ordinarie, sono utili ad ogni istante e si applicano a mille cose importanti. L'intervallo che separa il grado di temperatura al quale l'acqua bolle, cioè si trasforma in vapore con violenza, e quello in cui passa da lo stato di ghiaccio ossia di solidità a lo stato liquido, somministra una misura constante, poggiata su due basi fondamentali certe, facili a rinvenirsi, e per consequente adattatissime a servire di termine di paragone: perciò i fisici di tutt' i paesi subito concordemente adottarono queste due basi. Di fatti avevano osservato che, in circostanze simili, la liquefazione e l'ebollizione dell'acqua accadevano sempre al medesimo grado di temperatura; avevano di più osservato, che questo termine era invariabile fintantocchè durava il mutamento di stato de' corpi; che perciò, fosse stata qualunque la temperatura cui si esponesse il ghiaccio fondente, o l'acqua bollente, non si poteva mai far prendere ad essi un grado maggior di calore, come se ciascun corpo avesse una misura di capacità determinata pel calore, come se una volta pervenuto a questo termine, il calore aggiunto servisse solamente a liquefare o vaporare questo corpo; ciò che noi effettivamente verificheremo e studieremo in seguito. Nulla dunque di più prezioso per la construzione di un termometro, quanto un tal punto di paragone costante ed invariabile.

82. Ma molte cagioni di errori debbonsi temere, molte circostanze possono influire sul grado di calore nel quale l'acqua muta stato; bisogna primieramente che sia ben pura, perciocchè il ghiaccio non si fonde, l'acqua non bolle a la medesima temperatura, quando contengono sali in dissoluzione, o qualche corpo in combinazione od in sospensione (1); in secondo luogo importa non prendere acqua che stia gelando, ma ghiaccio o neve che stiano dimojando; imperciocchè accade sovente che l'acqua resta nello stato liquido al di sotto del punto di congelazione, ed i-

(1) Il grado di temperatura dell'ebollizione dell' acqua varia non solamente secondocchè quest'acqua è più o meno pura, ma varia pure secondo la natura del vase che si adopera. Cosicchè in un vase di vetro l'acqua pura bolle a 101°, 232. Se vi si mette del vetro pesto finamente, bolle a 100°, 329. Se vi si mette limatura di ferro, a 100, 000. Finalmente in vase metallico il punto costante del bollimento dell'acqua pura a 100°, 000. Questo punto si segna su la scala del termometro. — T. B.

noltre il ghiaccio non conserva invariabilmente la medesima temperatura; finalmente bisogna tener conto della pressione dell' atmosfera, dappoichè il vapore dell' acqua superar dovendo sempre questa potenza, dovrà adoperare sforzi proporzionati a la resistenza; si è scelto per termine fisso di pressione quello indicato da una colonna di mercurio alta settantasei centimetri, circa ventotto pollici; a quest'altezza media del barometro si debbono ridurre tutte le operazioni.

83. In teorica tutt' i liquidi possono servire di termometro; ma nel fatto taluni sono più atti degli altri a quest' uso. Sembrava naturale sceglier l' acqua, questo liquido tanto diffuso in natura, già usato nelle operazioni preliminari; ma oltrecchè l' intervallo che separa tali mutamenti di stato non comprende tutte le variazioni ordinarie di temperatura, tosto si riconobbe non solamente che la sua dilatazione aumentava avvicinandosi al termine dell' ebollizione, ciò ch' è comune a quasi tutt' i liquidi, ma che offeriva anche questa singolarità di trovarsi nel suo massimo stato di condensazione a circa cinque gradi sopra il punto di congelazione, ed in seguito, per l' abbassamento della temperatura, di dilatarsi, invece di concentrarsi. (1) L' olio adoperato da Newton, all' inconveniente della sua viscosità e semi-solidità, unisce quello di non poter servire nelle basse temperature; l' alcool o spirito di vino, ha lo svantaggio di bollire a temperatura pochissimo elevata, ed avvicinandosi a questa temperatura, di dilatarsi disugualmente; ma al primo di questi inconvenienti si può rimediare, ed inoltre questo liquido è il più proprio per misurare le temperature molto basse; esso è ancora in molto uso; ma il mercurio è quello che più di sovventi si adopera. Di fatti questo corpo non offre alcuno degli enunziati difetti; è il liquido che si dilata il più equabilmente; la sua scala di liquidità comprende una grande estensione di variazioni di temperatura, val dire da circa 40 al di sotto di zero fino a 350 al di sopra; finalmente è sensibile a la menoma variazione.

84. Diamo intanto un'idea delle particolarità della con-

---

(1) È questa la ragione, per cui veggiamo formarsi il ghiaccio sempre a la superficie dell'acqua; dappoichè le molecole di questo liquido rese più leggiere a misura che la lor temperatura si abbassa sotto ai cinque gradi, son costrette ad ascendere a la superficie, ed il ghiaccio una volta formato guarentisce l' acqua che ricopre. — *I Tradutt.*

struzione dei termometri, e della scala di divisione che vi si applica. Cominciar si debbe dal purificare intieramente il mercurio di cui si vuole far uso, e, dopo aver fatto riscaldare il cannello e la palla, per iscacciarne l'umido e porzione dell'aria, s'immerge nel mercurio. Quando si giudica che vi si contenga sufficiente quantità (questa quantità varia in ragione della grossezza della palla, lunghezza del cannello, estensione che si vuol dare a la scala supplementaria, ossia inferiore al zero), s'immerge in un vase pieno di acqua ed in piena ebollizione, tenendovelo immerso il più che sia possibile, e tenendovelo sospeso per assai lungo tempo, e sufficiente perchè si metta in equilibrio di temperatura; si segnerà quindi il punto in cui il mercurio si sarà fermato, si chiuderà il cannello a la lampada se si vuole un instrumento a scala compiuta, altrimenti gli si darà l'altezza che si vuole dopo la seconda operazione, la quale consiste ad immergere il termometro nel ghiacciò che sta fondendo, ed a segnare il punto in cui il termometro si sarà abbassato. La *fig.* 18 rappresenta un vase nel quale i termometri stanno immersi nel vapore di acqua, che ha una temperatura molto più ugnale del liquido.

Quest' intervallo segnato su ciascun instrumento dall'operazione descritta non è stato diviso della medesima maniera dai fisici. Réaumur l'ha diviso in ottanta parti, situando il zero al punto del ghiaccio che fonde. I fisici francesi per facilitare i calcoli, han diviso il medesimo spazio in cento parti, di maniera che i gradi del *termometro di Rèaumur* serbano la relazione di quattro a cinque con quelli del *termometro centigrado* o *centesimale*. In Inghilterra ed in Germania più comunemente si servono del *termometro di Fahrenheit*, nel quale il medesimo spazio sta diviso in cento ottanta parti, ma il punto del ghiaccio che fonde sta segnato 32°, e per conseguenza quello dell' acqua bollente 212.° Perciò questi gradi stanno tra loro come 5 a 9 con quelli del termometro centigrado. In tutti si continua a segnare con divisioni uguali il di sotto ed il di sopra de' due limiti fondamentali per estendere il campo dell' osservazione (1).

---

(1) Indicando con (R) (C) (F) un numero qualunque di gradi di Rèaumur, Centigradi o di Fahrenheit, si ridurranno sempre gli uni negli altri mediante le seguenti relazioni:

85. Il calore fa crescere il volume dei corpi; ma non già il peso; la dilatazione de' liquidi si può dunque anche riconoscere pesandovi a diverse temperature un corpo solido di cui si conosce la dilatazione. Di fatti i solidi dilatandosi meno de' liquidi, il volume di acqua spostato sarà presso a poco uguale, o che la temperatura sia alta o bassa; e siccome nel primo caso l'acqua è più leggiera, il peso indicato dal corpo che vi sia immerso sarà più considerevole.

86. Abbiam detto che l'acqua offre la singolarità, che approssimandosi al punto di congelazione non diminuisce più di volume secondo la legge generale, ma si dilata. Taluni altri corpi presentano anomalie analoghe. Così il ferro fuso, lo zolfo, lo bismuto, gelandosi si dilatano; il mercurio si restringe, al contrario, in maniera prodigiosa. Questi son fatti particolari che non possono rovesciare una teorica generale quando spiega calcola e misura i fenomeni; e che dipendono senza dubbio da la disposizione secondo la quale si situano le molecole dei corpi passando da lo stato liquido a lo stato solido. Il punto di massima condensazione dell'acqua è 4°, 4 (1); a 7° ha la medesima densità che a 0°, fra 0° e 100° l'acqua si dilata di $^1/_{21}$ del suo volume; l'alcool di più di $^1/_{10}$; il mercurio di circa $^1/_{55}$.

87. L'acqua presenta anche un altra singolarità ragguardevole, cioè di rimanere qualche volta liquida quan-

---

$$1\ (R) = \frac{10}{8}\ (C) = \frac{9}{4}\ (F)$$

$$1\ (C) = \frac{8}{10}\ (R) = \frac{9}{5}\ (F)$$

$$1\ (F) = \frac{5}{9}\ (C) = \frac{4}{9}\ (R)$$

Si comincia per gli uni e per gli altri dal ghiaccio che fonde, e si contano i gradi in più od in meno. (1). T. R.

(1) Un inglese, il Sig. Crichton, con dilicatissime sperienze recenti e con un nuovo processo ha trovato essere 5° 6 (Vedete *Annals of Philosophy*, for june 1823.)

---

(1) I Russi generalmente usano il termometro di Delisle, che ha un sol punto fisso, quello dell'acqua bollente. I gradi al di sotto sono un diecimillesimo della capacità del cannello e dalla palla. Per tal maniera gli ottanta gradi del termometro di Deluc, impropriamente chiamato di Réaumur, corrispondono a cento cinquanta di quello di Delisle. Se dato numero di gradi di Delisle si vuol convertire in gradi centesimali, se ne prendono i due terzi, se ne sottraggono in seguito cento gradi perchè la scala è decimale, ed il resto dà il numero che si cerca: cosicchè, per. es., il cento trentacinquesimo grado di Delisle corrisponde al decimo grado del termometro centigrado. — *I Tradut.*

tunque ad una temperatura assai inferiore al punto di congelazione; ma onde questo fenomeno avvenga è necessario che stia perfettamente in riposo, come se le molecole potessero dimenticarsi di disporsi in maniera da addivenir solide. Chè se si fanno uscire da questo stato di sonno, per così dire, smuovendo quest' acqua; se lor si appresta un punto di raccoglimento immergendovi un corpo solido, e sopratutto un pezzo di ghiaccio, si vedrà di botto congelarsi l' intera massa.

SEZIONE II.

Equilibrio e movimento de' liquidi.

88. L'estrema mobilità delle particelle de' corpi nello stato di liquidità determina principalmente le condizioni del loro equilibrio e le leggi del loro movimento. Di continuo sospinte dall' azione costante della gravità, tal riunione di molecole non può stare in equilibrio od in riposo se non quando sta a livello, val dire quando offre superficie piana ed orizzontale, come quella di una palude tranquilla. Ogni corpo liquido dunque cerca costantemente di mettersi a livello, e si muove quando non è più sostenuto o limitato da la resistenza dei corpi circonstanti. La forma dunque dei corpi solidi determina la figura di una massa liquida.

Per intendere perfettamente quanto concerne l' equilibrio dei liquidi, è necessario considerar le molecole interamente impenetrabili ed incompressibili; e tali considerar si possono senza inconveniente, poichè queste proprietà appena appena vi si possono ravvisare. Di fatti se or noi saper vogliamo in qual situazione si trovino le particelle di una massa liquida nelle sue diverse parti, vedremo che quelle della superficie soffrono tutto il peso dell' atmosfera. Per questa pressione, come anche per la loro gravità, dovrebbono dunque cader in fondo della massa, ma le molecole sottoposte offrono resistenza paragonabile a quella di un vase solido. Resteranno esse dunque al lor posto, ma faranno soffrire a queste molecole immediatamente in contatto tutta la pressione dell'atmosfera, più quella che risulta dal loro peso. Lo stesso accadrà per le molecole situate nel terzo strato, e così a poco a poco fino al fondo del vase il quale poi sopporterà la pressione totale; di maniera che si può valutare questa pressione calcolando quella di un semplice filetto di acqua isolato in un cannello, *fig.* 29.

89. Per effetto dell'impenetrabilità un tal filetto d'acqua che stia alquanto in alto e prema su larga base, *fig.* 30, debbe comunicare la sua pressione a tutta questa base, come pure a le pareti; dappoichè ogni pressione che si esercita sopra un liquido agisce non solamente nella sua direzione, ma si propaga uniformemente per ogni lato (1): per tal maniera si spiega questa proposizione paradossale, che la pressione esercitata in tal caso è molto superiore al peso

---

(1). I liquidi trasmettono in tutte le direzioni ugualmente le pressioni che si esercitano a le loro superficie. Questo principio si chiama *uguaglianza di pressione*.

Qui si fa astrazione da la gravità e da la compressibilità del liquido.

Se dunque una forza P agisce su la parte A della superficie di un liquido contenuto in un vase, la pressione p che esercita sopra un'altra parte della superficie o su la superficie totale a delle pareti, è

$$p = \frac{a\,P}{A}.$$

Se la pressione P si riferisce all'unità di superficie (il centimetro, decimetro quadrato), val dire fatto $A = 1$ si ha

$$p = a\,P$$

La pressione che soffre una molecola qualunque di un liquido pesante in equilibrio in un vase è uguale al peso di un filetto verticale di questo liquido che avrebbe per altezza la distanza di questa molecola dal piano della superficie superiore del liquido.

Il fondo di un vase, qualunque sia la forma di questo, purchè ne sia orizzontale la base, sperimenta, da parte del liquido che contiene e che sta in equilibrio, una pressione p uguale al peso P di una colonna liquida che avrebbe per base il fondo medesimo del vase a e per altezza h la distanza di questo fondo dal piano del livello, ossia

$$p = P\,a\,h$$

Se la base fosse inclinata o curva, bisognerebbe misurare l'altezza dal punto ove sta il centro di gravità della superficie di questa base. (Vedete *centri di gravità*).

Talune rivoluzioni della superficie del globo sono conseguenze di questo medesimo principio; desso può produrre tremuoti, fendere o far crollare montagne. Ponghiam caso, per es., che nel seno di una montagna si trovi un vôto orizzontale di 30 o 40 piedi quadrati, ed alto pochi pollici, e che le piogge od altre cagioni formino un condotto che dall'alto della montagna discenda fino nello spazio vôto, ed abbia la lunghezza di più centinaia di piedi; quando l'acqua avrà riempiuta la cavità, e che s'innalzerà in questo cannello di nuova specie, la montagna potrà esser ridotta in pezzi, se per qualche tempo ha resistito ai primi sforzi dell'acqua, che elevandosi semprepiù, acquisterà enorme energia.

Accadrebbe la medesima cosa se una sonda, immersa profondamente, arrivasse a toccare un serbatoio di acqua sotterranea, e la pioggia ne riempisse il condotto. Un'intera contrada potrebbe ruinare se, come sovente si osserva, il serbatoio si estendesse per più leghe. T. R.

totale, al peso indicato da la bilancia; e non può essere altrimenti a cagione della compensazione stabilita da le pressioni in senso opposto, come si osserva in p e p', compensazione che si stabilisce sempre esattamente, qualunque sia la forma de' vasi; di maniera che la sola differenza constituisce il peso dell' intero sistema.

L'equilibrio delle molecole liquide e la pressione nella direzione orizzontale, tanto fra le molecole tra loro che contro le pareti, si valutano ugualmente per la supposizione ideale di un semplice filetto liquido isolato in un cannello ricurvo, *fig.* 31.

90. Questo ci guida a ricercare l'equilibrio de' corpi galleggianti su la superficie ed in mezzo a' liquidi. In primo luogo è evidente che i più pesanti caderanno al fondo; quelli la cui densità non è molto superiore, cominceranno dal sommergersi; ma tosto il peso del liquido aumentando la pressione potranno fermarsi e restare in equilibrio. Nel liquido prenderanno il luogo indicato da la densità, nel modo stesso che noi veggiamo i liquidi di differente densità soprapporsi in ragione delle densità rispettive, e situarsi orizzontalmente gli uni al di sotto degli altri. In quanto ai corpi che si mantengono a la superficie de' liquidi, per conoscere la loro posizione, bisogna rigorosamente calcolare il valore del volume di acqua che spostano paragonato a la loro gravità. Cosicchè un corpo pesantissimo, ma che occupasse gran volume, potrebbe non sommergersi in un liquido, ed un bastimento di ferro potrebbe galleggiare a la superficie, a cagione del volume di aria che contiene, e che ne diminuisce il peso in paragone del volume di acqua che scaccia. Per queste considerazioni si viene a conoscere, allorquando si construisce un battello, una nave, quant'acqua pescherà e quanto sarà il suo tonnellaggio.

Ma quando si vuol determinare il galleggiamento di un corpo, questa considerazione non basta, bisogna ricercare anche la posizione del centro di gravità dell' acqua spostata e del corpo galleggiante; dappoichè questo corpo si capovolgerebbe immancabilmente, se il suo centro di gravità non fosse situato un poco al di sotto di quello dell' acqua, e nella medesima direzione verticale. Onde pervenire a questo scopo, oppure per controbilanciare la differenza, l' uomo, nel nuotare, è obbligato di fare diversi movimenti per mantenersi a la superficie dell' acqua.

91. Pochi corpi vi sono, la cui densità sia precisamente uguale a quella de' liquidi. Se al fondo di un vase pieno di

acqua mettiamo un corpo di essa più leggiero, ed a la superficie corpi più pesanti, questi corpi non potranno restare in equilibrio in tali posizioni, e si muoveranno in direzioni che abbisogna far conoscere. La forza che li fa muovere, essendo nell' uno e nell' altro caso l' azione della gravità, è evidente che l'uno dovrebbe discendere, l'altro ascendere con moto accelerato; ma così non accade. Di fatti tal movimento può soltanto nel vôto aver luogo; ma in un mezzo molto resistente, qual è un liquido, la velocità accelerata verrà tanto più facilmente distrutta, per quanto la differenza di densità fra il corpo ed il liquido sarà minore, e perciò il corpo ascenderà o discenderà con moto affatto uniforme.

92. Occupiamoci adesso dei movimenti de' liquidi medesimi. Nulla di particolare offre la loro caduta libera; una goccia di pioggia segue la medesima direzione di ogni altro corpo grave; ma a la superficie del globo, ne' canali, ne'condotti, ne'vasi di differente forma, e forati in differente maniera, i liquidi presentano i movimenti più complicati, più difficili a comprendersi ed a calcolarsi.

S' intende che in qualsivoglia parte stia situato l' orificio di un vase, qualunque sia il suo calibro, lo scorrimento debb'essere in ragione di questo e dell'altezza della colonna liquida. Difatti se con un cannello, *fig.* 32, isoliamo la colonna che sta al di sopra dell'orificio, è evidente che dessa cadrà liberamente, e seguiterà per conseguente le leggi della gravità, ma nelle osservazioni non accade mai così; dappoichè molte resistenze, molte forze agendo in senso contrario, distruggono porzione dell'effetto totale, e possono anche annientarlo compiutamente. Così, in primo luogo, in un vase di forma irregolarissima, ne'condotti o ne' canali a molte tortuosità, l' attrito, le resistenze continue che incontrerà il liquido ne disturberà il cammino, lo allenterà, e per reazione lo faranno resistere a la porzione di liquido che segue; in secondo luogo, a l' uscita dell' orificio, e lungo il cammino del liquido, se il condotto è aperto, a la resistenza delle pareti si aggiungerà quella dell'aria, differente in ragione della densità, sopratutto de'suoi particolari movimenti. Gli è questo il motivo per cui la resistenza dell'aria sovente cagiona straripamenti, addoppia od annulla l' effetto del flusso e del riflusso, qualche volta lo ritarda di più ore. Finalmente la mobilità stessa delle molecole liquide concorre a produrre una resistenza molto energica. Di fatti subitocchè è permesso lo scorrimento in tal massa, ciascuna delle molecole aspira ad arrivarvi; si stabilisce una quantità in-

finita di correnti in senso opposto, ed assai diverse secondo la posizione dell' orificio, donde risulta diminuzione di velocità che attenua lo scorrimento totale. Per conseguenza di questo concorso di tutte le molecole verso il medesimo punto, accade parimente che desse continuano a convergere verso il centro dell'orificio, anche quando già lo hanno oltrepassato, ciò che produce il medesimo effetto che se una parte di quest' orificio fosse otturata. Questo punto di convergenza constituisce ciò che si chiama *contrazione* della *vena liquida*; non si dee trascurarla mai nel calcolare gli scorrimenti che hanno luogo per orifici, principalmente in pareti sottili. (1).

---

(1). Se su le pareti di un vaso pieno di acqua si fa un foro, questo liquido ne spiccerà con una velocità v, uguale a quella che avrebbe acquistata un corpo cadendo liberamente dall' altezza a, compresa fra l' orificio ed il livello dell' acqua nel vaso, donde

$$v = 4^{m}\,43 \sqrt{a}$$

fatta astrazione della resistenza dell' aria.

Mediante questa formola si è calcolata la seguente tavola:

Velocità per secondi e corripondenti Altezze della caduta, espresse in metri.

v	a	v	a	v	a	v	a
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
0. 1	0.0005	2. 1	0. 225	4. 1	0. 857	6. 1	1. 897
0. 2	0.0020	2. 2	0. 247	4. 2	0. 899	6. 2	1. 960
0. 3	0.0046	2. 3	0. 270	4. 3	0. 943	6. 3	2. 023
0. 4	0.0082	2. 4	0. 294	4. 4	0. 987	6. 4	2. 088
0. 5	0.0127	2. 5	0. 319	4. 5	1. 032	6. 5	2. 154
0. 6	0.0184	2. 6	0. 345	4. 6	1. 079	6. 6	2. 221
0. 7	0.0250	2. 7	0. 372	4. 7	1. 126	6. 7	2. 288
0. 8	0.0326	2. 8	0. 400	4. 8	1. 174	6. 8	2. 357
0. 9	0.0413	2. 9	0. 429	4. 9	1. 224	6. 9	2. 427
1. 0	0.0510	3. 0	0. 459	5. 0	1. 274	7. 0	2. 498
1. 1	0.0617	3. 1	0. 490	5. 1	1. 326	7. 1	2. 570
1. 2	0.0734	3. 2	0. 522	5. 2	1. 378	7. 2	2. 643
1. 3	0.086	3. 3	0. 555	5. 3	1. 432		
1. 4	0.100	3. 4	0. 589	5. 4	1. 486		
1. 5	0.115	3. 5	0. 624	5. 5	1. 542		
1. 6	0.131	3. 6	0. 661	5. 6	1. 599		
1. 7	0.147	3. 7	0. 698	5. 7	1. 656		
1. 8	0.165	3. 8	0. 736	5. 8	1. 715		
1. 9	0.184	3. 9	0. 775	5. 9	1. 774		
2. 0	0.204	4. 0	0. 816	6. 0	1. 835		

93. Del resto tenendo conto delle resistenze su indicate, la pressione dell' aria, e la necessità di livellarsi, a ragione della gravità, spiegano tutt' i movimenti naturali ed artificiali de' liquidi. Per questa ragione ne' getti di ac-

---

Se S sia il lume dell' orificio, Q la quantità o volume di acqua scorsa in un secondo, che si chiama la *perdita* si ha

$$Q = S\,v = 4^{m}.\,43.\,S\,\sqrt{h} \text{ metri cubici}$$

l' orificio essendo circolare e di un diametro d

$$S = 0.785\,d^2 \text{ e}$$

$$Q = 3.48\;d^2\,\sqrt{h} \text{ metri cubici}$$

Questa è la *perdita teorica*; ma la reale è minore. La vena liquida si contrae nell' uscire, e ne risulta diminuzione nel prodotto dello scorrimento. La sperienza ha fatto conoscere che essendo D la perdita teorica che noi sappiamo trovare

D $\times$ 0. 62 è la perdita reale, se l'orificio sta fatto in parete sottile.
D $\times$ 0. 82 ha luogo se lo scorrimento si opera mediante un piccolo cannuolo aggiunto cilindrico, e diviene D $\times$ 0. 9 se il cannuolo aggiunto sia conico.

Questi numeri 0, 62, 0. 82, 0. 9 sono i coefficienti della contrazione della vena liquida. Se questo coefficiente indichiamo con m per avere un'espressione più generale, Q designando intanto la perdita reale, si ha

$$Q = m\,S\,v = 3.48\,d^2\,m\,\sqrt{h}$$

Nell' *arte del fontaniero*, le perdite si esprimono in pollici di acqua; e questo è il prodotto di un cannuolo di fontana che darebbe 20 metri cubici di acqua in 24 ore, ossia $0,^{me}0002315$ per secondo. Il *pollice di acqua* è realmente la quantità di acqua che scorre in un minuto da un orificio circolare del diametro di un pollice, il centro stando affondato 7 linee al di sotto del livello; ma gl' idraulici di molto han variato intorno a questo prodotto. Oggi s'intende per pollice di acqua lo scorrimento che produce 672 pollici cubici per minuto = 13. 33 litri a minuto = 560 piedi cubici in ventiquattr' ore = 19. 2 metri cubici in ventiquattr' ore = 800 litri o kilogrammi l'ora. La linea di acqua è il 144 del pollice, ossia 4,67 pollici cubici per minuti = 55. 5 litri all'ora in circa. Noi per maggior semplicità qui abbiam calcolato il pollice di acqua 20 metri cubici in vece di 19, 2.

20 metri cubici constituiscono quel che il Sig. de Prony denomina *doppio modulo* di acqua. E così la perdita in pollici di acqua verrebbe espressa da

$$Q = 15028\;m\,d^2\,\sqrt{h} \text{ pollici di acqua.}$$

Se ad un serbatoio pieno d'acqua si adatta un condotto rettilineo di una lunghezza L, avendo un costante diametro D, ed interamente aperto a la sua estremità, essendo A l' altezza del livello dell' acqua nel serbatoio al di sopra dell' estremità del condotto pel quale scorre l' acqua (se quest' estremità stesse essa stessa sommersa abbisognerebbe sottrarre la sua profondità al di sotto dell' acqua) v, la velocità dello scorrimento, q il volume di acqua perduto in un secondo, si ha

qua il liquido si slancia in apparenza contro le leggi della gravità, quasi fino all' altezza del livello donde provviene; come pure è questa stessa la ragione, per cui l'acqua tendendo sempre a scorrere, e non potendo restare in riposo se non quando bagna tutt' i corpi, se non quando resta in equilibrio da per ogni dove, risale da le cavità sotterranee per produrre le fontane e le sorgenti, scorre furiosamente ne' torrenti, precipita con fracasso da le cascate, scorre placidamente ne' ruscelli e ne' fiumi, ne' laghi e negli stagni, prendendo sovente la sola direzione che i venti le imprimono, finalmente s' introduce fra tutt' i corpi per riempirne gl' interstizi. Lo studio di tutti questi movimenti naturali appartiene a la geografia fisica, e lo studio non men difficile, non meno esteso de' movimenti artificiali, appartiene a la meccanica ed a la scienza delle macchine. Fra tali movimenti debbonsi sopratutto distinguer quelli dell' acqua ne' condotti, ne' canali di ogni sorta, finalmente nelle numerose macchine delle quali l' idraulica ha arrichita

---

$$v = 26^{m}.40 \sqrt{\frac{H D}{L + 36 D}}$$

$$q = 20.73 \sqrt{\frac{H D^5}{L + 36 D}} \text{ met. cub.}$$

oppure Q indicando questa perdita in pollici di acqua

$$Q = 87749 \sqrt{\frac{H D^5}{L}} \text{ pollici}$$

$$D = 0^{m}.01054 \sqrt[5]{\frac{L Q^2}{H}}$$

Queste formole sono bastantemente esatte per la pratica.

Il Sig. Prony ha ottenuto le seguenti formole, che si trovano concordi con la sperienza, per condotti lunghi fino a 2280 metri; ma abbisogna che $\frac{D}{L}$ non oltrepassi $\frac{1}{100}$, D non essendo minore di un centimetro.

Essendo dunque, secondo egli dico, il metro l' unità di misura,

$$v = 26.79 \sqrt{\frac{D H}{L}}$$

$$D = 0.1865 \sqrt[5]{\frac{L q^2}{H}}$$

T. R.

l'industria umana. Noi possiam soltanto enunciarli in un'opera di questa specie (1).

SEZIONE III.

Peso specifico de' liquidi.

94. La densità de' liquidi, come quella de' solidi, ha per termine di paragone la densità dell' acqua nel vòto ed al suo maximum di condensazione, ed il peso specifico di essi si misura della medesima maniera, siccome abbiam veduto nel capitolo precedente. Di fatti se pesiamo una boccetta piena prima di acqua distillata, ed in seguito di un altro liquido, avremo facilissimamente la relazione di densità fra questi due liquidi; del pari, se determiniamo le relazioni di densità fra un corpo solido e l'acqua, o se noi le conosciamo anteriormente, immergendo il medesimo corpo in un altro liquido, troveremo le relazioni del peso specifico di questo secondo liquido col solido, e per conseguenza coll' acqua; le medesime correzioni relative al peso dell'acqua ed al mutamento di densità in seguito della dilatazione cagionata da la temperatura, debbonsi fare come nella misura della densità de' solidi.

95. Ma la densità de' liquidi per rispetto all' acqua si può anche conoscere mediante gli areometri. Abbiam veduto che un corpo galleggiante sposta un volume di liquido, il cui peso è sempre precisamente uguale al suo, per conseguenza s'immerge tanto meno, per quanto il corpo è più leggiero, o meno denso. Abbiam veduto pure che un corpo non può stabilmente galleggiare se non quando il suo centro di gravità si trova situato al di sotto del liquido che sposta: su questi principi poggia la construzione degli aerometri, *fig.* 33. Tutti hanno una palla A piena di mercurio destinata a fare immergere l'instrumento e situare molto in basso il suo centro di gravità, di maniera che nuoti in posizione verticale.

Quello di Fahrenheit, *fig.* 33, è composto di un cannello di vetro cilindrico sormontato da un piccol bacino B, e segnato con una striscia in C. Se con pesi addizionali si costringe l'instrumento a nuotare fino a questa striscia, ciò

(1). Vedete il *Trattato compiuto di fisica*, di Biot, 4 vol. in 8vo; quello *sul Movimento delle acque*, di Mariotte; la *Meccanica idraulica di Prony*, ec. ec.

che si chiama *livellare*, esso sarà adattatissimo ad indicare il peso specifico de'liquidi. Di fatti il peso dell' instrumento, più quello che si mette nel bacino per farlo livellare nell' acqua distillata al massimo di condensazione, sono uguali al peso del volume di acqua spostato; accadrà lo stesso in un altro liquido, ed i volumi spostati essendo simili, la differenza dei pesi addizionali farà conoscere le relazioni di densità fra gli due liquidi.

L' areometro di Baumè, *fig.* 34, è lo stesso instrumento graduato in maniera che indica, con le sue divisioni, centesimi, millesimi di alcool o di tale o tal sale, di tale o tal acido, mescolati coll' acqua, di maniera che abbisogna un instrumento particolare per ogni specie di liquido: in tal forma si chiamano *pesa-liquori*. Per construirli s' immerge l' instrumento nell' acqua distillata, e si segna zero al punto di livello; s' immerge in seguito nell' alcool il più rettificato, nella dissoluzione la più concentrata, e si segna questo nuovo punto di livello 100 o 1000; l' intervallo poi si divide ugualmente, oppure, per maggiore esattezza, si segna separatamente ciascuna di queste divisioni, aggiungendo all' acqua uno, due ec. centesimi del liquido o del sale. Si comprende che immergendo un tale instrumento graduato nel liquore, il numero della divisione in cui si ferma indica il numero de' centesimi di alcool o di sale contenuto in esso liquido.

96. L'*areometro-bilancia*, o di Nicholson, serve a la misura de' pesi specifici de' solidi. Esso è lo stesso che quello di Fahrenheit, cui si aggiunge a volontà un picoolo secchio S, *fig.* 35. Ecco la maniera di usarlo: conosoendo il peso necessario per fare livellare l' instrumento nell' acqua distillata, si mette nel bacino B il corpo, di cui si vuol conoscere la densità; esso non debbe esser molto considerevole da fare oltrepassare il punto di livello, dappoichè così accadendo l' operazione non potrebbe eseguirsi; a fianco al corpo si aggiungono pesi sufficienti a fare arrivare l' instrumento al punto di livello; quindi s' immerge l' instrumento nel secchio, esso perde di peso quello del volume di acqua che sposta, ed i pesi aggiunti per ricondurlo al punto di livello danno le relazioni di densità del corpo e dell' acqua (1).

(1). *Graduazione della scala dell' areometro di Baumè.*

Due fra questi areometri si adoperano frequentemente: uno serve a misurare la densità de' liquidi più densi dell' acqua, l' altro quella de' liquidi meno densi.

Per graduare il primo, s' immerge nell' acqua pura, e si segna il li-

SEZIONE IV.

Ebollizione.

97. I corpi assumono lo stato liquido quando la forza di coesione si trova bilanciata da la forza di ripulsione del calorico; ma un tale equilibrio non può durar lungamente: perciò abbiamo annunziato che appena divenuto liquido un corpo ha tendenza a ridursi in vapore, a passare a lo stato aeriforme. Abbiamo ugualmente veduto, che tutt'i corpi non cangiano stato al medesimo grado di calore, e che tutti non conservano il loro stato liquido durante gli stessi intervalli di temperatura. Così, l'acqua, ch'è fra i liquidi il più importante a studiarsi, si liquefà a 0°, si converte con violenza in vapore a 100°; ma in tutto quest' intervallo ha tanta maggior tendenza a passare a lo stato di vapore, e vi perviene effettivamente tanto più, per quanto il calore è più elevato. In cosiffatti fenomeni, pare che la menoma quantità di calore che penetra un corpo liquido rompe l' equilibrio tra la forza di coesione, ed allora influendo con la sua energia su le molecole che incontra, le fa passare ad uno stato in cui sono quasi interamente sotto la sua dipendenza. Vedremo nel capitolo seguente, trattando dei vapori, che effettivamente tutto il calorico aggiunto è ad-

---

vello; si fa poi un mescuglio di ottantacinque parti di acqua e quindici di sale; si segna sul cannuolo il livello del liquido; l'intervallo, che separa i due segni, si divide in quindici parti uguali; finalmente si prolunga la scala al di sopra dell' ultimo livello.

Pe' liquidi più leggieri dell'acqua, l' instrumento si trova graduato in differente maniera; s' immerge e si segnano successivamente i livelli dell' acqua pura e di un mescuglio di novanta di acqua e di dieci di sale; si divide l'intervallo in dieci parti uguali, e si prolunga la divisione al di sopra.

Facilmente si vede che si potrebbe construire un areometro che indicasse i gradi de' liquidi più densi e meno densi dell' acqua, e che anche indicasse direttamente le densità. Vedete più appresso la teorica matematica de' pesi specifici. (1) T. R.

---

(1) Il Sig. Nobile, in una memoria presentata non è guari al R. Istituto d' Incoraggiamento, ha fatto conoscere, che la maggior parte degli errori che accompagnano l' uso degli Areometri, e particolarmente di quelli a volume cangiante dipendono 1° da le diverse temperature del vetro, e de' liquidi, non che da le diverse dilatazioni di queste sostanze; 2° da le inesatte divisioni del cannello, e dall' esatta conoscenza dell'instrumento particolare di cui si fa uso. 3° dall' omissione di alcune piccole regole nell' impiego di un tanto utile e semplice instrumento. Il Sig. Nobile discute ampiamente questi articoli. Egli dà le esatte formule onde eliminare gli errori provvenienti da le varie temperature del vetro e dei liquidi, espone un nuovo metodo per graduare l' areometro, e fa conoscere quali sono le piccole omissioni che nella pratica possono menare ad errori.

detto a la formazione di questi, il che è indipendente da la pressione dei corpi ambienti. Quindi a temperatura uguale si forma ugual quantità di vapori nell' acqua che nel vòto; ma in quest' ultimo caso la produzione è violenta, quasi istantanea, mentrecchè nell'aria quanto questa è più densa, tantoppiù è quella lenta; sembra dunque che l'aria soltanto ritardi, imbarazzi lo sviluppo dei vapori. Perciò nella marmitta di Papin l'acqua suggettata ad enorme pressione non può convertirsi in vapori, non può bollire; ma se le si permette di uscire per qualche parte, si slancia con eruzione terribile e con violenza sovente spaventevole.

98. Ma sotto l' ordinaria pressione dell' atmosfera, 100° di calore bastano per dare al vapore elasticità uguale a quella dell' aria; da quest' istante, l' acqua non può più aumentare di temperatura, tutto il calorico è addetto a formare del vapore, che si sviluppa tanto più fortemente per quanto il centro del calore è più considerevole: in questo stato si dice che l' acqua *bolle*, oppure è in *bollimento*.

Questi sono i fenomeni che tutt' i corpi in generale, e l' acqua in particolare, ci presentano quando mutano stato. Prendendo ad esempio questo liquido, lo veggiam prima da lo stato solido passare al liquido, quando il termometro segna 0°, vediamo in seguito, a misura che la temperatura s' innalza, acquistar maggior tendenza a convertirsi in vapore, finchè finalmente a 100°, faccia equilibrio con la pressione ordinaria della nostra atmosfera, che si calcola equivalere ad una colonna di mercurio di 76 centimetri. A questi due punti estremi, ultimi limiti della solidità e della liquidità dell' acqua, noi l' abbiam veduta non potere assumere temperatura più elevata senza mutare stato, e ne abbiamo riconosciuta la cagione dal perchè tutto il calorico s'impiega nel primo caso a liquefar l' acqua, nel secondo a convertirla in vapore.

CAPITOLO III.

FLUIDI AERIFORMI

99. Dacchè un corpo è pervenuto a lo stato liquido, i continui sforzi del calorico gli fanno subito manifestare tendenza a ridursi in fluido aeriforme, ossia elastico; questa tendenza dimostra tanta maggior energia che la pressione cui è sottoposto il liquido è meno forte; e finalmente arriva sempre un momento in cui l' intensità del calore supe-

ra questa forza di pressione; allora la temperatura del liquido non può crescer di più, esso entra in bollimento, e tutto il calorico che penetra fra le sue molecole si adopera a farle passare a lo stato di vapore.

Siccome abbiam veduto i liquidi divenir solidi di bel nuovo per l'abbassamento della temperatura, in pari modo doveva prevedersi il ritorno de' vapori a liquidi per la medesima cagione. Ciò effettivamente accade quando, per qualsivoglia modo, il calorico che manteneva un corpo a lo stato di vapore, gli vien tolto; l'affinità delle molecole addiviene nuovamente preponderante, desse si ravvicinano, si depositano in fine su i corpi circostanti in piccole gocce liquide; questo effetto dipende da la tensione del vapore, può dunque manifestarsi in ogni sorta di temperatura, dappoichè la quantità di vapore che può contenere uno spazio è sempre tanto più considerevole per quanto il calore è più forte.

Vedremo nel libro seguente che in questi diversi successivi passaggi de' corpi da lo stato solido al liquido, e da lo stato liquido al gassoso, una gran quantità di calorico viene assorbita, nè più manifesta la sua presenza al termometro; è addetta dunque a conservare lo stato del corpo, ma senza essere distrutta, dappoichè ricomparisce per intero in un inverso mutamento di stato: per questo si chiama calorico latente.

100. Tutt' i corpi non si fondono, non si convertono in vapori al medesimo grado di calore; abbiam veduto numerosi corpi cedere soltanto all'azione del fuoco il più intenso; ve ne ha molti che non si son potuti ancora liquefare; parimenti nello stato ordinario delle cose, moltissimi corpi sono naturalmente gassosi. L'aria atmosferica che involge il globo terrestre è, pel fisico, il più importante tra questi corpi, cui nessuna pressione, nessun freddo possono liquefare o solidificare: essa stessa è composta di due altri corpi che godono delle medesime proprietà, l'ossigene e l'azoto: la natura ce ne offre benanche taluni altri, ma di raro nello stato libero. La chimica ne ha molto aumentato il numero; e fra quelli che ha scoperti, si è infine e di recenti pervenuto a liquefarne taluni mediante intensissimo freddo, e fortissima pressione; questo dimostra che lo stesso accadrebbe degli altri per una forza anche superiore. (1)

(1). Nelle *Transazioni filosofiche della società reale di Londra*, e negli *Annals of philosophy* si possono riscontrare le sperienze e le sco-

Che che ne sia, questa considerazione ha fatto dividere i fluidi elastici od aeriformi in *permanenti e non permanenti*, in *gas* ed in *vapori*. Sono i primi eminentemente compressibili e dilatabili, non mutano stato qualunque sia il freddo o la pressione cui si assoggettano: i secondi posson tollerare soltanto dato freddo e data pressione; non godono le proprietà di gas permanenti, eccetto che fra dati limiti, ma sono allora interamente compressibili. Noi dunque tratteremo degli uni e degli altri in distinte sezioni, dopo aver ricordata e terminata in poche parole la conoscenza delle loro proprietà più generali.

101. La maggior parte delle sostanze gassose sono invisibili, e ciò non debbe arrecar sorpresa; dappoichè essendo le loro molecole in continua ripulsione, tendono costantemente ad allontanarsi sempreppiù, i pori che le separano debbono essere comparativamente molto grandi, e perciò non è meraviglioso che a cagione della loro tenuità, la loro stessa aggregazione non sia mica sensibile ai nostri organi. Questa medesima ripulsione debbe necessariamente determinare la figura di tali corpi: dessi non possono formare, come i solidi, masse indipendenti dai mezzi circonstanti; non possono, come i liquidi, mettersi costantemente a livello, nè occupare se non una porzione del vase in cui s' introducono: qualunque ne sia la capacità lo riempiranno tutto, s' insinueranno nelle sue minime anfrattuosità, in virtù del continuo dominio del principio ripulsivo. Non ostante, se nel vaso s' introducono due gas di differente densità, il più pesante, in questo caso, farà le veci del liquido, e la superficie che li separerà sarà orizzontale.

Nulla aggiungeremo a quanto di già abbiam detto intorno a la porosità ed all' impenetrabilità dei corpi aeriformi; basta gittare uno sguardo a sè d' intorno per riconoscere la prima di queste proprietà, basta riflettere un istante per conoscere che la resistenza dell' aria, i suoi movimenti, l' ostacolo che frappone a la caduta dei corpi solidi, la divisione che opera ne' liquidi cadenti, in guisa da ridurli in pioggia, sono effetti della materialità e dell' impenetrabilità delle sue molecole. I corpi, come in ogni altro mezzo, così ne' fluidi aeriformi non si posson muovere se non

---

perte de' Sigg. Faraday ed H. Davy intorno a la liquefazione dei gas, come pure le applicazioni della più grande importanza ch' essi debbon farne per surrogare le macchine a vapore. Si vegga un estratto de' loro lavori negli *Annales de Physique et de Chimie*, fascicoli primi pel 1824.

discacciando le molecole che incontrano sul loro passaggio, e si conoscerà la perdita di moto cagionato da questa resistenza, ponendo mente che una palla di cannone la quale nel vòto sarebbe slanciata a diciassette mila metri, nell' aria arriverebbe soltanto a quattro mila.

102. Abbiamo di già avuta occasione di dimostrare la gravità de' liquidi di maniera incontrastabile; abbiam veduto che debbesene tener conto nel calcolare la densità dei corpi, non meno che nel misurarne la caduta ed i movimenti: noi ne tratteremo più particolarmente nella seconda sezione, parlando del barometro. Faremo lo stesso dell' elasticità e della compressibilità delle sostanze che ci occupano, nel trattare della pressione dell' aria e delle diverse macchine nelle quali si può condensare o rarefare; e quanto allora diremo dei gas permanenti, potrà applicarsi, ma più limitatamente, ai gas non permanenti, de' quali or ci occuperemo in primo luogo.

SEZIONE PRIMA.

Vapori, ossia fluidi non permanenti.

103. L' osservazione di fenomeni che continuamente, ed in ogni circostanza ci cadono sott' occhi, tosto ha fatto vedere che tutt' i liquidi, se non stiano in vasi ermeticamente chiusi, diminuiscon sensibilmente di volume, e finalmente scompariscono totalmente senza alcuna cagione apparente. Ma noi abbiam veduto che se questo fenomeno non si può valutare senza difficoltà sotto la pressione e l' ordinaria temperatura della nostra atmosfera, si manifesta chiaramente allorchè innalziamo questa ordinaria temperatura, o facciam diminuire la pressione; in una parola quando il liquido entra in bollimento vediamo nella sua massa da per ogni dove formarsi bolle aeriformi che superano la resistenza del liquido, si aprono a la superficie, sollevandola con violenza. All' aria libera, queste bolle non cessano di svilupparsi fintantocchè persiste l' azione del calore, e fintantocchè resta tuttavia l' ultima goccia di liquido nel vase; ma non è lo stesso in uno spazio limitato.

104. Quando si osserva quello che accade in un vase di una certa capacità, nel quale stia un liquido, si ravvisa in primo luogo che il volume diminuisce di una certa quantità, dopo di che resta stazionario; sia che la diminuzione si facccia rapidamente, come nell' ebollizione, o len-

tamente come nella evaporazione, queste circostanze non influiscono sul fenomeno; ma se aumentiamo la capacità del vase, osserviamo nuova diminuzione nella massa liquida; lo stesso accadrà se, senza cangiare la capacità, innalziamo la temperatura.

Queste sperienze permettono di conchiudere che uno spazio limitato non può contenere sotto data temperatura che data quantità di vapore: ma resta a ricercare qual sia questa quantità pe' vapori de' diversi liquidi, tanto nel vòto, quanto ne' gas, ed a misurare questa quantità che si chiama tensione del vapore: dobbiamo anche tentare di conoscere le leggi della formazione de' vapori e del loro sviluppamento, lo spazio che occupano sotto temperatura e pressione determinate, finalmente porgere mezzi per calcolare esattamente la quantità di vapore che si trova mescolata con un gas, ciò che constituisce lo scopo dell' *igrometria.*

§ 1. *Formazione de' vapori.*

105. Il più ragguardevole fenomeno che offra la formazione dei vapori, fenomeno che potrà anche sembrar singolare a prima vista, ma che consiste soltanto nella conseguenza e nella dimostrazione della cagione che lo produce, è il seguente: in uno spazio determinato, purchè la temperatura sia uguale, si forma la stessa quantità di vapori o che questo spazio sia vòto o che sia occupato da un fluido elastico di qualsivoglia densità; la formazione del vapore offre soltanto la seguente differenza, che essa succede istantaneamente e violentemente nel vòto, laddove si esegue con tanta maggior lentezza quantoppiù è condannato il gas con cui esso debbe mischiarsi.

L' opinione universalmente adottata dai fisici pochi anni fa, considerava l' evaporazione come prodotta dall' azione dissolvente dell' aria; quest' opinione si sosteneva tuttavia in Germania nel 1813, siccome vien pruovato dal Trattato di Fisica meccanica di Fischer (1); ma i lavori de'Sigg. Dalton e Gay-Lussac hanno pruovato positivamente che la formazione de' vapori è indipendente dall' azione dell'aria, la quale per lo contrario ad essa oppone resistenza meccanica, e che invece dipende intieramente dall'energia del calorico, il quale allontanando le molecole liquide fino al

(1) Vedete l'edizione di quest' anno 1813, tradotta da Biot.

punto di farle mutare stato, non permette che più restassero in un mezzo di maggior densità, e le costringe a situarsi negl' interstizi di un corpo, le cui molecole sono molto lontane le une da le altre, come il gas.

106. La svaporazione nell' aria, od in ogni altro gas che non si combina col vapore, accade dunque precisamente come nel vòto; purchè questo gas sia secco, la tensione del vapore vi è uguale, e cesserà di formarvisi a lo stesso termine, val dire quando la sua elasticità farà equilibrio a la forza espansiva del liquido. L' aumento della svaporazione pel rinnovamento dell' aria non pruova la sua azione dissolvente; quest'aumento risulta da la diminuzione dell'ostacolo meccanico che oppone a lo sviluppamento del vapore; dappoichè la porzione di aria, che circonda un liquido che sta svaporando, bentosto si carica d' una quantità di vapore la cui tensione uguaglia quella del liquido: il vapore dunque cesserebbe di svolgersi se quest' aria non potesse rinnovarsi e menar via il vapore svolto, donde risulta che il rinnovamento dell' aria è cagion possente di accelerazione nella svaporazione, somministrando al vapore nuove porzioni da impregnare, nuovi interstizi da occupare: si comprenderà quindi che la diminuzione del liquido sarà proporzionale a la superficie esposta all' aria, e dovrà esser più considerevole se evvi vento violento, che se il tempo è in calma; queste osservazioni ci cadono tuttodì sott' occhio.

107. Non esporremo alcun particolare intorno a le numerose quanto dilicate sperienze, mercè le quali gli abili fisici da noi citati son pervenuti a determinare la tensione dei vapori dei diversi liquidi secondo le variazioni di temperatura, ed a riconoscere ch' essa è la stessa nel vòto e nel gas: basta aver indicati i risultamenti delle loro ricerche; desse pruovano che in istato limitato la forza dell' elasticità del vapore risultante da la temperatura, si aggiunge a quella del gas, ed in tal modo puossi misurarla esattamente in tutte le circostanze nelle quali si produce, tanto nel vòto, quanto nell' aria secca. Ciò puossi eseguire mediante il *manometro*, *fig.* 36. Quest' instrumento è un barometro, la cui porzione aperta penetra in un pallone di vetro, nel quale si può introdurre un gas od un liquido nella quantità che si vuole, oppure vi si può fare il vòto. In questa, come in tutte le altre sperienze, la tensione del vapore si esprime pel numero de' millimetri de' quali essa fa innalzare la colonna barometrica: cosicchè a la temperatura media di 10° la tensione de' vapori d' ac-

qua è di 9 millimetri 47; se dunque la pressione ordinaria dell'aria sostiene il barometro a 760mm di altezza, l'acqua evaporata nell'instrumento l'innalzerà di 9mm 47, val dire la farà ascendere a 769mm 47.

108. Studiando di tal maniera la tensione del vapore per tutte le temperature, si riconosce ch'essa aumenta in una progressione sufficientemente considerevole a misura che avanza la temperatura: accade lo stesso della quantità di liquido evaporata; perciò fra 0° e 10°, si forma meno vapore che fra 10° e 20°; perciò a 20° la tensione del vapore è piucchè doppia di quella ch'era a 10°.

109. Dopo aver determinata la tensione del vapore di acqua per le temperature a le quali si può avere occasione di osservarla, gli stessi fisici cercarono di determinare quella degli altri liquidi, e pervennero a scoprire questa importantissima legge, che la variazione della forza elastica del vapore, per un medesimo numero di gradi del termometro, è la stessa per tutt'i liquidi, partendo per ciascuno di essi da la temperatura in cui le forze elastiche sono uguali; per es. da quella in cui fanno equilibrio con la pressione dell'atmosfera: così, sapendo che l'acqua bolle a 100°, l'etere a 39°, veggiamo che la tensione, la forza elastica del vapore è allora precisamente uguale. Allontaniamo ciascuno di questi due termini della medesima espressione di temperatura, per es. di 20°, troveremo in questo caso le tensioni anche esattamente simili.

110. Si ravvisa da questa legge, che la tendenza ad evaporarsi è ben debole a la temperatura ordinaria, pe' liquidi che bollono ad alte temperature, come è il mercurio. Questa qualità lo rende preziosissimo in infinità di sperienze fisiche e chimiche, nelle quali è necessario fare il vòto, come pure per la construzione de' barometri. Di fatti questo liquido bolle a la temperatura di 350°: a questo grado di calore, come l'acqua a 100°, il vapore sta in equilibrio con la pressione dell'atmosfera. Secondo la legge che abbiamo scoperta, la tensione del vapore del mercurio a 250° non sarà più forte della tensione del vapore d'acqua a 0°, val dire che farà salire la colonna barometrica di circa 5mm. A 100°, questa tensione sarà la medesima che quella dell'acqua a 150° al di sotto di zero; per conseguente sarà assolutamente incalcolabile: il vòto al di sopra del mercurio potrà dunque, in tutte le temperature ordinarie, considerarsi perfetto. (1)

(1) Dappoichè questi vapori non possono produrre nel vòto, per es.

111. Risulta anche da la medesima legge che i corpi i quali diventano liquidi soltanto ad alte temperature non debbono somministrare alcun vapore sensibile: non. di meno taluni di questi, come il rame, il piombo, esalano odore che a non altro si può attribuire, se non a la volatilizzazione delle loro molecole. S' ignora perchè questa specie di vapori non manifesti alcuna tensione.

Le considerazioni precedenti condussero naturalmente i fisici a ricercare se taluni corpi solidi non somministrassero vapori, ed effettivamente riconobbero che l' acqua, anche a lo stato di ghiaccio, fino a 40° al di sotto del punto di congelazione, è tuttavia capace di evaporarsi in maniera calcolabile. Il Sig. Biot, a 20° al di sotto del 0°, valuta la sua tensione uguale ad 1mm 1/3, ed il Sig. Gay-Lussac ha confermato questo calcolo con la sperienza.

§ II. *Effetti dell' elasticità e dello sviluppamento del vapore.*

112. Abbiam veduto essere il calore l' unica cagione della evaporazione, e che in uno spazio limitato si formano vapori tanto in un gas, qualunque ne sia la densità, che nel vòto: la forza di tensione del miscuglio vien dunque aumentata di tutta quella del vapore; ma nell' aria libera, nella nostra atmosfera, che si può considerare come un serbatoio d' infinita capacità, non può osservarsi il medesimo fenomeno. Di fatti l' aria ed il vapore, essendo ambidue fluidi elastici, tendono continuamente a mettersi in equilibrio ed a rispingersi; nello spazio libero, l' aria caricata di vapore debbe dunque dilatarsi finchè la sua forza di tensione, più quella del vapore, sieno uguali a quella dell'aria circostante più secca. Se questa dilatazione non potesse aver luogo, e continuasse a svilupparsi vapore, la menoma cagione dovrà produrre precipitazione di questo vapore; esso in diverse guise passerà a lo stato liquido.

Questi principi somministrano la spiegazione d' infiniti fenomeni meteorologici che accadono giornalmente nell' atmosfera, per es. i venti locali, le pioggie; essi fanno anche travedere la cagione dell'abbassamento generale osservato nel barometro, quando il tempo debb' essere piovoso: dappoichè risulta da le ricerche del Sig. Gay-Lussac che a la temperatura e sotto l'ordinaria pressione dell' aria, il peso specifico

---

de'cannelli barometrici, alcun' elasticità sensibile, e per conseguente alcuna depressione meritevole di calcolarsi. — *I Tradutt.*

del vapore acquoso è minore di un terzo di quello dell'aria; dunque ad eguaglianza di densità, uguaglianza che debbe sempre stabilirsi in una massa come l'atmosfera, in continuo movimento in continua comunicazione, l'aria caricata di vapore è specificamente più leggiera dell' aria secca.

113. Anche la misura della forza elastica del vapore ha formato obbietto delle ricerche de' fisici, i quali hanno in essa riconosciuta una forza immensa. L' acqua vaporizzandosi a la temperatura dell' ebollizione, occupa uno spazio 1700 volte più grande a lo stato gassoso che a lo stato liquido. Quindi facilmente si comprende che determinando la formazione del vapore sotto una forte pressione, se ne potrà trar partito per vincere le più forti resistenze; si potrà adoperare il suo vòto qual forza motrice in ogni specie di apparecchi meccanici: questo da lungo tempo si era realizzato nelle diverse trombe a fuoco; ma solo in questi ultimi anni in Inghilterra ed in America principalmente si è ricavato immenso partito da questa nuova forza che l' uomo per così dire può dirigere ed aumentare a volontà sua. Essa non solamente è stata sostituita a la forza degli uomini e degli animali, ma anche a quella delle acque e de' venti. La forza del vapore si è applicata a tutte le macchine conosciute; i battelli ed i navigli valicano a piacimento del pilota le onde, non ostante le correnti ed i venti contrari (1); le vetture camminano senza cavalli; finalmente poco fa un Americano ha annunziato essere pervenuto a dirigere i palloni col medesimo mezzo. Ma quai prodigi non farà nascere l'ingegno dell'uomo; quali limiti potransi affrontare al suo potere, se mediante la compressione dell' aria, mediante la forza di espansione dei gas liquefatti, tal che l' acido carbonico, arriva ai medesimi risultamenti facendo solamente variare la temperatura di esso di pochi gradi soltanto! Ed è prossimo il momento in cui quest' importante scoperta incomincerà a divenir proficua.

114. La forza di espansione dei vapori, come anche quella de' gas è sempre proporzionale al volume che occu-

---

(1) L' idea dell' applicazione della tromba a fuoco al movimento delle navi fu dal Sig. Tondi il primo proposta in Parigi al celebre Haüy; questi lo diresse al Sig. de Prony Direttore di Ponti e Strade, il quale, applaudendo il progetto, non ne fece alcun conto. D' allora in poi il Sig. Tondi ne parlò senza riserba alcuna, e gli Americani infine ne profittarono: questo fatto fu consegnato nel Giornale di Napoli, appena qui giunse la notizia dell' applicazione già fatta. — *I. Tradutt.*

pano (1), di maniera che la quantità di fluido aeriforme che sostiene una pressione di 76 centimetri, sosterrà una pressione doppia se si diminuisce di metà lo spazio che occupa. In questa condensazione si ravvicinano le molecole del corpo, e se ne rende maggiore la elasticità; mischiando molti di questi fluidi elastici, sieno o no permanenti, purchè non sieno di tal natura che si combinino fra loro, le molecole si ravvicinano ugualmente, e l'elasticità del miscuglio è precisamente la somma di quella di ciascuno de' fluidi considerato separatamente.

115. Abbiam veduto che quando si espone un liquido all'aria libera si dissipa gradatamente; ma importa sapersi in che proporzione, con qual celerità ciò accade. E' facile prevedere che il liquido svaporerà interamente nell'atmosfera, che si può risguardare come un'infinito manometro: da le leggi della formazione dei vapori doveva ugualmente conchiudersi che la svaporazione è tanto più intensa per quanto l'aria è più secca, e che sarebbe nulla in un'aria satura d'umidità. Di fatti il Sig. Dalton ha riconosciuto che la svaporazione è sempre proporzionale a la tensione del vapore: cosicchè è più rapida in un'aria secca che in un'aria carica di vapore; si accelera a misura che la temperatura aumenta; è più rapida pei liquidi la cui forza elastica è più considerevole.

116. I mutamenti che avvengono nello stato dei corpi modificano la tensione del loro vapore, per conseguente la loro svaporazione: perciò quasi tutte le dissoluzioni saline bollono a temperatura più elevata dell'acqua pura; ciò che annunzia tensione minore; per conseguenza a temperatura uguale la svaporazione di tal dissoluzione è minore. Tal fenomeno offre questa particolarità notevole, che il vapore non contiene un atomo di sale; donde parrebbe doversi naturalmente conchiudere che questo sale per nulla influir dovrebbe su la svaporazione. Per capire questa singolarità, bisogna figurarsi gli strati di vapore appoggiati gli uni sugli altri, e per tal maniera facendosi compiuto od incompiuto equi-

---

(1) La forza elastica dei gas è proporzionale *in ragione inversa* al volume che occupano. I vapori non resistono a pressioni sempre crescenti; se si tenta di comprimerli per aumentare la loro forza elastica tosto si arriva al punto in cui si condensano. Questo punto esprime la loro *massima tensione*. Del resto è pur vero che le loro tensioni sono in ragione inversa dei volumi che occupano fino al momento in cui son ridotte al punto di doversi condensare. T. R.

librio. Quello che tocca la superficie del liquido ha per contrappeso della sua forza elastica la tensione con cui il liquido viene spinto a svolgere vapori; di maniera che se, per una cagione qualunque, la forza elastica del liquido si trovi diminuita, questo strato di vapore, compresso da quelli che sono superiormente, e non essendo più sostenuto da la tensione del liquido, vi si dovrà precipitare e liquefarsi; immediatamente gli strati superiori si metteranno in suo luogo, fintantocchè finalmente l'equilibrio si trovi ristabilito.

117. Abbiamo già annunziato che un corpo non potrebbe vaporizzarsi senza assorbire gran quantità di calore, il quale veramente vien restituito quando il vapore ripassa a lo stato liquido; ma questo ci mena a conchiudere che ogni svaporazione è cagione possente di raffreddamento. In tal modo si spiegano molti fenomeni singolari. Se si espone al sole un termometro con la palla avviluppata in un corpo umido, si osserverà abbassarsi il mercurio; di fatti il sole, attivando la svaporazione, cagiona assorbimento di calorico, assorbimento che in parte si fa a spese di quello del termometro. In molti paesi si tira profitto da questo effetto per rinfrescare ed anche per congelare l'acqua: a tal fine, si mette essa in vasi porosi, chiamati alcarazas, suscettivi di stacciare il liquido in goccioline, oppure in vasi che si circondano con una pezza umida: questi vasi si espongono isolamente a contatto dell'aria, oppure si fanno oscillare come un pendolo, sospendendoli ad una corda; il vapore che allora si forma rapidamente porta via dal vase e dal liquido che contiene gran quantità di vapore, e sovente abbassa la loro temperatura abbastanza per far passare l'acqua a lo stato di ghiaccio.

§ *III. Igrometria.*

118. L'acqua che occupa gran parte della superficie del globo che noi abitiamo, e che vi sta diffusa, combinata, mescolata in tutti gli stati, sotto tante differenti forme, svapora continuamente; la nostra atmosfera, ricettacolo di questa svaporazione, non è mai interamente spogliata di vapore aqueo; dopo di essersene imbevuta a poco a poco, dopo averlo tenuto seco per più o men lungo tempo, lo restituisce per diverse maniere, sotto forma liquida o solida, quando, sotto la temperatura e la pressione del momento, vi si trova in eccesso; con ciò vien ristabilito l'equilibrio; anzi esso è sorpassato in senso contrario, di

maniera che la svaporazione può nuovamente cominciare. Si comprende che in moltissime ricerche di fisica e di chimica, come anche in moltissime circostanze della vita, nella scelta del momento favorevole per molti lavori dell' agricoltura e delle arti, è importantissimo conoscere qual quantità di vapore aqueo stia mescolata coll' aria atmosferica o col gas che si adopra; questa quantità di vapore che si chiama *umido*, *stato igrometrico*, è quella che si cerca di misurare o piuttosto di dimostrare mediante gl' *igrometri*, e gl' *igroscopii*.

119. L'aria od un gas qualunque, per essere satura, richiede tanta maggior quantità di vapore, per quanto la temperatura è più elevata; quindi da le tavole di tensione del vapore si conosce, che a 10° fa equilibrio con una colonna di mercurio di 9mm ossia con una colonna di acqua di dodici centimetri, mentrecchè a 0° il suo peso equivale appena a 5mm di mercurio. La quantità ed il peso del vapore aumentano dunque molto con la temperatura, di maniera che si può stabilire, che quanto più fa caldo, tanta maggior quantità di vapore evvi nell' aria. Nulla di più facile che il conoscere la quantità ed il peso dell' aria e del vapore, supponendo che la prima ne sia satura, dappoichè se il barometro a 10° accusa la pressione di 760m noi da questa somma sottraendo il peso del vapore, val dire 9mm avremo la densità dell' aria. Ma così non accade quando l' umido non sia arrivato al punto estremo, ed allora bisogna ricorrere agl' igrometri per determinare, almeno approssimativamente, qual quantità di vapore stia contenuta nell' aria. Diciamo approssimativamente, imperciocchè molte cagioni di errore, dipendenti tanto da la temperatura, quanto da la natura del corpo che si adopera, sono inevitabili in questa specie d' instrumenti.

120. Noi osserviamo che la maggior parte de' corpi organizzati, animali non men che vegetali, soggiace a grandi variazioni per l' influenza dell' umido che s' introduce in essi o che se ne sviluppa. Crescono di volume, e generalmente si allungano in ragione dell' umidità, si ristringono in ragione della secchezza. Per es. la carta, la pergamena, il legno, le membrane animali si allungano e diventano più grandi quando l' umidità cresce. Le corde per l' umido non si allungano, al contrario addivengono più corte; ma ciò accade perchè, essendo composte di filamenti ravvicinati, l' umido molto ne aumenta la grossezza; se sono ravvolte, la medesima cagione le farà svolgere. Su questi fatti pog-

gia la construzione di molti igrometri, formati con le corde di budella; dessi han fatto inventare le figure che coi loro movimenti indicano la secchezza e la poggia.

Tali instrumenti possono esser sufficienti soltanto per grossolane indicazioni, ma non saprebbono misurare lo stato igrometrico di un gas. De Saussure il primo ha trovato, che i capelli spogliati della sostanza grassa onde sono avviluppati, mercè un liscivio caustico, son dotati di proprietà igrometriche in eminente grado sensibili; si allungano di $\frac{1}{50}$; sono presso a poco inalterabili a le temperature ordinarie; per lo loro poco volume agiscono prontamente; infine ritornano costantemente ai medesimi punti ogni qualvolta l'umido od il secco si presentino al medesimo grado. Ne' capelli dunque si trovan riunite tutte le qualità necessarie per formare un buon igrometro.

121. De Saussure, per far dell'igrometro a capello un instrumento paragonabile, e capace di dimostrare le leggiere variazioni, lo ha costrutto tal quale vien rappresentato da la *fig.* 37. Il capello, sospeso e tenuto in tensione da un peso, passa sopra una girella mobilissima che sostiene un ago; questa girella segue esattamente tutt'i movimenti del capello, e per conseguenza fa muovere l'ago, il quale indica, sopra un arco di cerchio graduato, l'allungamento ed il raccorciamento che soffre il capello, secondo i gradi dell'umidità circonstante. La maniera di graduare il quadrante consiste nel ricercare i punti estremi di umido e di secco che si segnano con 0° e 100°, e si divide l'intervallo in 100 parti uguali: si ottiene un'aria perfettamente secca, situando nel vase in cui è racchiuso, almeno per tutta una giornata, sostanze essiccanti come la calce; si satura poi di umidità mettendo in questo vase un piatto pieno di acqua.

122. Non le sole sostanze organiche godono delle proprietà igrometriche; pare che moltissimi corpi organizzati viventi risentan possentemente influenza dello stato igrometrico dell'aria, e sieno avvertiti con certezza de' mutamenti cui va suggetta. Non è sorprendente che i vegetali, di cui l'acqua liquida od in vapore è uno de' principali alimenti, ne manifestino la presenza o l'assenza, l'abbondanza o la mancanza con diversi fenomeni; ma qual'è la cagione che fa agire gli animali secondo le medesime variazioni? Alcuni col lor canto annunziano che pioggia benefica viene a vivificare le piante da la siccità alterate; altri avvertiti che torrenti di acqua minacciano prorompere dall'atmosfera, si

affrettano a ritirarsi ne' covili, ne chiudono le uscite, e mettono in salvo i lor figli; questi all'avvicinarsi del tempo piovoso si affrettano a soddisfare ai loro bisogni e si ritirano quindi in luogo sicuro, quegli altri sembrano riprendere allora nuova vita, approssimandosi per essi un tempo di godimento e di felicità. Rinasce il bel tempo, e con esso l' allegrezza e gli ordinari lavori degli uni, la molestia e lo stato di malessere degli altri; ma tutti anticipatamente sono stati prevenuti de' mutamenti che si preparavano.

123. Moltissimi sali e sostanze minerali sono ugualmente igrometriche, val dire assorbiscono o restituiscono l' umidità, in ragione dello stato dell'aria che le circonda, questa proprietà de' sali si chiama *deliquescenza*; essa varia moltissimo secondo la loro natura, ciascuno avendo particolar grado di affinità per l' acqua.

SEZIONE II.

Gaz o fluidi permanenti.

124. Lo studio dei vapori comprende in parte quello dei gas, dappoichè gli uni non differiscono dagli altri se non per maggiore o minor costanza nella loro fluidità elastica; il nostro impegno dunque rispettivamente ad essi trovasi fino ad un certo punto soddisfatto. Da un' altra parte, noi non dobbiamo occuparci mica su la natura e le combinazioni dei gas, mentre studiamo soltanto le proprietà fisiche dei corpi in generale; e si appartiene a la chimica ricercare le leggi della composizione dei gas, per distinguerli fra loro: quanto a noi, non ci spetta che considerarli in massa, e sotto questo risguardo tutti ci offrono le medesime proprietà. L' aria atmosferica è il gas il più importante in natura per la sua azione fisica o meccanica, unico obbietto delle nostre ricerche; di esso dunque ci occuperemo in preferenza; ma tutto quel che diremo si potrà ugualmente applicare ad un gas qualunque che formi gran massa.

125. I fluidi elastici constituiscono, al pari degli altri corpi, de' mucchi di molecole; con la differenza che in essi le molecole stan situate a grande distanza, di maniera che tali corpi sono specificamente leggerissimi, occupano grande spazio, generalmente sono invisibili, si restringono e si dilatano, per così dire, infinitamente, almeno per molti di essi. Tutt' i fenomeni che presentano sono con-

seguenze inevitabili delle modificazioni cui tal maniera di agire produce, e questo appunto vedremo svilupparsi in maniera evidente. Riconosceremo in primo luogo che l' aria è corpo pesante, ma che per ragione della sua leggerezza specifica ha dovuto prender luogo a la superficie del globo; quivi constituice l' atmosfera, di cui, mercè il barometro, misureremo l' altezza ed il peso. Misureremo ben anche la densità di questo corpo tanto leggiero e di molti altri gas in differenti temperature, sotto diverse pressioni; ne' gas ritroveremo e studieremo la proprietà generale dei corpi di dilatarsi pel calore, di restringersi pel freddo; finalmente li troveremo al più alto grado dotati di elasticità e di compressibilità, e disamineremo i fenomeni che ne derivano nella macchina pneumatica, nelle trombe, negli areostati.

§ I. *Peso dell' aria.*

126. In fino a quando la fisica incominciò a stabilire le sue fondamenta sull' osservazione e su la sperienza, val dire fino al tempo di Galileo, non si ebbe alcun' idea esatta del peso e della pressione dell' aria; si supponeva che ogni spazio fosse pieno di materia pesante, e che la natura aborrisse il vòto: così spiegavasi lo ascender dell' acqua nel corpo della tromba. Galileo aveva travveduto che questo fenomeno fosse il prodotto della gravità dell' aria; ma sapeva pur troppo quanto gli era costato l' aver voluto dimostrare che la terra gira d' intorno al sole, e perciò discese nella tomba seco menando il suo segreto. Il suo allievo Torricelli ebbe la gloria di sgomberare tutt' i dubbi su tal risguardo coll' invenzione del barometro.

Era noto che nel corpo della tromba l' acqua s' innalzava fino a trentadue piedi, ma non oltrepassava mai questo termine. Il citato fisico fece la medesima sperienza col mercurio. Riempì di questo liquido un cannello bastantemente lungo e chiuso ad una delle sue estremità; lo capovolse, immergendo la sua estremità aperta in un vase in cui eravi anche del mercurio: subito osservò abbassarsi la colonna liquida contenuta nel cannello; ma dopo parecchie oscillazioni, restò sospesa all' altezza di diciotto pollici, ossia settantasei centimetri. Il mercurio è denso tredici volte e mezzo più dell' acqua; paragonando dunque il peso di questa colonna di ventotto pollici di mercurio con quella di acqua di trentadue piedi, si riconobbe ch' esse si facevano esattamente equilibrio, e con ciò venne dimostrato che una me-

desima cagione, la pressione cioè dell'atmosfera, determina l'ascensione de' due liquidi: questa fu l'origine del *barometro*, uno fra gl' importanti strumenti di fisica, ed a cui si debbono moltissime scoperte in ogni genere; queste ragioni c' impongono a farne partita descrizione.

127. La sperienza di Torricelli, tal quale noi l' abbiamo cennata, costituiva un vero barometro; ma esso era molto imperfetto perchè questo fisico non adoperasse parecchie precauzioni importanti. Dippiù in vece d'immergere il cannello in un bacino per construire i suoi barometri, adoperava cannelli ricurvi, la cui estremità aperta era molto corta; faceva poggiare sul mercurio un peso esattamente equilibrato da un altro peso, uniti con un filo che passava per sopra una girella; a questa girella aderiva un ago che amplificava le variazioni, segnandole sopra un quadrante. Tali erano i barometri antichi, di cui tutttavia si fa uso per indicare la pioggia ed il bel tempo, ma che la sperienza ha dimostrati difettosissimi e molto suggetti ad errare.

128. Per avere un buon barometro, le cui indicazioni si possano risguardare come vera misura della pressione atmosferica, bisogna incominciare dal ben disseccare il cannello di cui si vuol fare uso, riscaldandolo fortemente. Vi s'introduce in segnito il mercurio in piccole porzioni, e vi si riscalda ugualmente fino al punto di farvelo bollire, per discacciarne l'aria che potesse starvi mescolata, e sopratutto il leggiero strato di umido che resta aderente a le pareti del cannello; senza queste precauzioni, l' ascensione del barometro è minore di quella che dovreb'essere; dappoichè appena il cannello vien capovolto si forma il vòto al di sopra del mercurio, e l'aria, come anche l' umido, per la forza espansiva di che godono, si recano ad occuparlo e fanno in parte equilibrio a la pressione dell' atmosfera.

La divisione che si applica a quest'instrumento consiste in una scala metrica, divisa in centimetri ed in millimetri, su la quale si fa scorrere un corsoio munito di nonio che agevola a conoscere la precisione delle osservazioni fino di decimi di millimetri. Talune volte da la parte opposta dell' appoggio del cannello si segna l' antica divisione in pollici ed in linee, e si aggiungono le indicazioni volgari *pioggia, variabile, bel tempo*. La *fig*. 38 rappresenta il barometro di Fortin, il più esatto, il più costante nelle sue indicazioni. Il cannello sta viluppato in un cilindro di rame ed immerso in un bacino di cui si aumenta o diminuisce la capacità, in guisa da far sempre corrispondere il livello del liquido contenuto nel bacino col zero della scala.

129. La *fig.* 39 rappresenta il barometro a sifone, perfezionato dal Sig. Gay-Lussac: esso è il più comodo per viaggio; è portatile, dappoichè può essere introdotto in un bastone; è poco suggetto a rompersi, ed esatto presso a poco quanto il precedente. Il cannello a sifone di quest' instrumento ha il suo diametro assottigliato ed impicciolito, in molte parti, ad oggetto d' impedire l' introduzione dell' aria nella branca lunga, quando si capovolge il cannello, ed evitare la sua rottura. Le due estremità stan chiuse e l' aria penetra per un orificio rientrante e capillare, che impedisce al mercurio di potere uscire. Questo barometro debb' essere munito di una scala mobile, il cui zero si situa a livello del mercurio della branca più corta.

130. Un buon barometro debb'essere sempre accompagnato da un termometro che gli stia unito; imperciocchè il calore, dilatando il mercurio, lo rende meno pesante sotto ugual volume. Nel misurare la pressione dell' aria si debbe eseguir dunque sempre una correzione in ragione della temperatura. Per ridurre le operazioni a quella di 0°, bisogna sottrarre per ogni grado al di sopra $\frac{1}{5412}$ della colonna osservata, ed aggiungerlo per ogni grado al di sotto.

131. Con qualunque degl' instrumenti su descritti, si riconosce che la pressione media dell' atmosfera, il peso dell' aria a Parigi, a la temperatura media di 12°, equivale ad una colonna di mercurio di settantasei centimetri. A temperatura uguale, quest' altezza misurata a livello del mare, è presso a poco la stessa in tutt' i luoghi del globo, val dire 76c. m. 29. Le variazioni naturali di quest' altezza in un medesimo luogo sono di circa due pollici e sei linee. Le più considerevoli che abbiano avuto luogo a Parigi sono state osservate dal Sig. Arago il 25 dicembre 1821, giorno in cui il barometro si abbassò a ventisei pollici e quattro linee; ed il 9 febbraio seguente si elevò a ventotto pollici e dieci linee.(1) A misura che si ascende, tanto su le montagne, che sugli aerostati, l' aria, trovandosi sgombera del peso de' suoi strati inferiori, debb' esser meno pesante. Tanto di fatti di-

(1) Sette anni di osservazioni barometriche fatte dal sig. Nobile sul R. Osservatorio di Napoli in un luogo elevato circa 71 tese sul livello del mare, han dato per media altezza del barometro 27. 9, 5. La massima altezza barometrica osservata nel corso di sette anni fu nel giorno 19 Gennaio 1828, in cui l' instrumento segnò 28. 4,6: e la minima nel giorno Febbrajo 1823, in cui il mercurio discese a 26. 10, 8. — *I Tradutt.*

mostra la sperienza, e su questo principio poggia la misura delle altezze mercè l' uso del barometro.

132. Nulla di più semplice della misura di queste altezze, come pure di quella dell' atmosfera se la densità dell' aria fosse da per tutto uguale, essendo conosciuto che a la temperatura di 0°, e sotto la pressione di 76 centimetri, il mercurio pesa 10,463 volte più dell' aria. Ma questo gas, essendo eminentemente compressibile e dilatabile, si rarefà a misura che diventa minore la quantità degli strati superiori che debbe supportare. Bisogna perciò tener conto di quest' elemento nella misura delle altezze calcolate mediante il barometro, con istabilire il calcolo secondo le leggi di Mariotte, cioè che i gas si comprimono e si dilatano in ragione inversa del peso di cui stan caricati (1) L' altezza dell' atmosfera, che sarebbe di circa due leghe se l' aria avesse da per ogni dove la densità che ora abbiamo indicata, è tuttavia indecisa e moltissimo controversa; gli uni risguardano indifinita la espansione dell' aria; altri la calcolano di circa sedici leghe; finalmente un Inglese limitandola al punto in cui la forza di attrazione del globo e la forza di espansione del gas debbon farsi equilibrio, l' ha calcolata a circa 6. 6 miglia tedesche a la temperatura di 0°, val dire circa dieci leghe comuni. (2)

---

(1) Il Sig. de Laplace ha fatto conoscere la formola di questo calcolo nella *Meccanica celeste*; si trova anche nel *Trattato generale di Fisica* di Biot; si sono inoltre compilate delle tavole nelle quali è indicata la riduzione per ogni variazione di temperatura. (*Nota dell' Autore*).

Secondo il Sig. Despretz, la legge di Mariotte non varia per alcun gas, val dire che nessuna sostanza gassosa (ed anche nessuna sostanza liquida o solida) dà diminuzione di volume proporzionale a la pressione.

Due gas qualunque suggettati contemporaneamente a la medesima compressione non si comprimono ugualmente. Vedete il suo Trattato di Fisica.

Il Sig. Oersted, per lo contrario, risguarda questa legge variabile pe' liquidi. Egli è di avviso che le anomalie da lui stesso osservate nella compressione dei gas, potrebbono risultare da azione de' cannelli sul gas che contengono, azione crescente con la pressione, di maniera che un volume gassoso preso ad una certa distanza da le pareti del cannello seguirebbe la legge di Mariotte, mentrecchè il gas vicino a le pareti medesime si allontanerebbe più o meno da questa legge. T. R.

(2). *Uso del barometro per misurare le altezze.*

Sia x la differenza di livello in metri fra le due stazioni, l la latitudine del luogo che non è necessario conoscersi esattamente A l' altezza del barometro a la stazione inferiore, il termometro centigrado segnando all' aria libera T gradi, a, t le medesime cose a la stazione superiore, θ la differenza di temperatura del barometro nelle due stazioni, si ha

133. Gli effetti della pressione della gravità e della resistenza dell'aria non si riconoscon soltanto mediante la sperienza del barometro. Noi ne abbiamo ogni giorno mille esempi sott' occhi. L' ascensione de' liquidi nelle trombe, la sospensione e la cessazione del loro scorrimento in vasi che non hanno communicazione coll' esterno, l' elevazione degli aerostati e de' corpi leggieri nell' aria, constituiscon pruove di questa pressione. Quando si vede crepare una pelle densa sotto la quale si opera il vòto, quando si vedono rompere i vasi che si privano di aria, quando la forza la più energica è impotente a disgiungere gli emisferi di Magdeburgo allorchè vi si è fatto il vòto, quando si vede il più robusto

---

$$x = a(\log H - \log a\, 0.00008\, \theta)$$
$$[1 + 0.002(T + t)](1 + \alpha \cos 2l),$$

il log. di a essendo 4,2646526, e quello di α 3,45287.

Applicazioni ad una delle operazioni del Sig. Ramond sul Puy-de-Dome.

	Barometri.	Termometri liberi.	Temperatura del barom.	Lat. l
Clermont.	$A = 72^{cm}.852$	$T = 28°.3$	$24°.7$	$45°$
Puy-de-D.	$a = 70\ .565$	$t = 25°.5$	$27°.8$	$46'.$
		$T + t = 53°.8$	$\theta = -3.1$	

$\text{Log}\ \alpha = \bar{3}.45287$
$\text{Log}\cos 2l = \bar{2}.42746$ —
$\bar{5}.88033$ —

$\log A = 1.86244$
$-0.00008\,\theta = +\ 25$
— $\log a = 1.84859$
0.01410
$\log \alpha = 4.26465$
$\log 1.1076 = 0.04438$
.... $\log = \bar{2}.14922$

Numero — 0.000076
$1 + \alpha \cos = 0.999924$ .... $\log = \bar{1}.99997$

$\log x = 2.45822$

che corrisponde a $x = 287^{m}.22$

Siamo debitori al Sig. Oltmans di tavole che non richiedono un calcolo tanto luogo per ottenere il risultamento; si possono riscontrare nell' *Annuaire du Bureau des longitudes* — T. R.

uomo poter appena sollevare lo stantuffo di un cilindro, in cui l' aria non può penetrare, come si potrebbe non riconoscere la sua gravità e la sua pressione? Il suo peso equivale a quello di una colonna di acqua di trenta due piedi; tutt' i corpi esposti all' aria vengon dunque premuti a la lor superficie, nella guisa che lo sarebbono da una colonna di acqua della suddetta altezza. Dietro ciò si è calcolato che un uomo soffre sul suo corpo la pressione di circa venti mila kilogrammi (quaranta mila libbre) (1). Si dirà forse ch' è impossibile ammettere tale pressione, stantechè i nostri movimenti sembrano interamente liberi; ma i pesci che sono stati estratti da la profondità di tremila piedi eran caricati del peso di una colonna di acqua della stessa altezza, vale a dire ottanta volte più pesante delila nostra atmosfera, ed intanto non si movevano men liberamente delle specie che abitano a la superficie delle acque; per essi, come per noi, la pressione del mezzo che abitano, esercitandosi da per ogni verso, si compensa, si distrugge interamente, mediante l' impenetrabilità delle molecole de' loro organi; la densità de' fluidi e de' solidi ch' entrano nella loro organizzazione è adattata al mezzo che debbono abitare; questi esseri dunque vi sono in uno stato di equilibrio e di libertà perfetta; soffrono solamente quando mutasi la densità di questo mezzo. Tanto per l' appunto osserviamo quando si estraggono a la superficie gli abitanti degli abissi de' mari; tanto osserviamo quando si mette un animale, una pianta sotto il recipiente della macchina pneumatica; i gas contenuti ne' loro organi si dilatano, i liquidi tendono a ridursi in vapore; accade compiuta disorganizzazione. Per la medesima ragione ascendendo su le alte montagne o sull'atmosfera dentro a' palloni, subito molestata si sente la respirazione, esce il sangue del naso, degli occhi, delle orecchie: basterebbono pochi altri passi per andare incontro a morte sicura.

§ II. *Elasticità, compressibilità dell' aria e de' gas.*

134. Abbiamo indicato moltissimi fenomeni ed esperienze che dimostrano irrefragabilmente la gravità e la pressione del fluido che ci circonda. Ci hanno essi del pari data idea

---

(1) L' Autore ha qui errato. La totalità della pressione dell'aria su tutta la superficie di un uomo di media grandezza è di circa 16000 chilogrammi, ovvero 33000 libbre. — *I Tradutt.*

della grande compressibilità e della enorme elasticità di questo gas, che abbiam veduto insinuarsi in tutti gl' interstizi, riempire tutt' i vòti dei corpi. Or passiamo a far conoscere molte macchine importanti che finiranno di render chiare siffatte proprietà, e le costringeranno a produrre effetti sorprendenti. Cominciamo da le trombe e da le macchine pneumatiche.

135. Per eseguire molte curiose sperienze, per occorrere a varii bisogni delle arti si sono inventate moltissime trombe a liquidi ed a gas, che si sono a mille usi applicate. Ma tutte, non che le macchine pneumatiche, si riducono a due sorte, la *tromba aspirante* e la *tromba* di *compressione*, cui si può aggiugnere la *tromba composta* che riunisce il giuoco delle due prime.

136. La costruzione della tromba aspirante poggia su la gravità e su la pressione dell' atmosfera, che tende sempre a stabilire equilibrio fra tutt' i corpi. Vien essa rappresentata da la *fig*. 40. Innalzando lo santuffo P, si produce il vòto nel corpo della tromba; l' acqua, compressa dall' aria esterna, ascende dunque pel canale C D, quindi nel corpo della tromba. Se, mediante l' artificio di una valvola S, aperta verso su s' impedisce che torni ad escire, si potrà abbassare lo stantuffo, ed allora un' altra valvola S', aperta come la precedente, permettendo all' acqua il passaggio, questa monterà al di sopra dello stantuffo; essendo quello sollevato di nuovo, seco trarrà l' acqua, ma contemporaneamente farassi di nuovo il vòto, ciò che determinerà gli effetti medesimi: nuova quantità di acqua ascenderà nel corpo della tromba, quindi al di sopra dello santuffo quando questo verrà abbassato; e finalmente mercè questi alternativi movimenti arriverà all' orificio O, donde sgorgherà. Si comprende di leggieri dal peso che abbiamo assegnato all' atmosfera, che il corpo della tromba non può esser più alto di 32 piedi; ma dacchè l' acqua ha oltrepassato lo stantuffo, si può innalzarla indefinitamente.

137. La tromba di compressione, *fig*. 41, è composta di un cilindro T, ch' è immerso nell' acqua, e che mediante piccoli fori permette che questo liquido s' introduca fino a certa altezza. Quando questo cilindro è in parte ripieno, se si abbassa rapidamente lo stantuffo, l' acqua premuta si precipiterà nel canale C, ove una valvula la farà passare. Innalzando lo stantuffo, quest' acqua tenderà a ritornare nel primo cilindro; ma la valvola si abbasserà subito e le impedirà di ritornare; con questa ripetuta operazione l'acqua ascenderà fino all' orificio O, situato all' altezza che si desidera.

138. La tromba composta fa l'ufficio delle due precedenti, riunendone in sè i vantaggi: basta volgere gli occhi a la *fig.* 42, per farsene adeguata idea. Tutte queste trombe si usano di continuo per innalzare l'acqua e distribuirla ove si richiede pei bisogni dell'arte e pel comodo della vita. Combinando la pressione dello stantuffo e l'elasticità di una massa d'aria compressa, si è arrivato a rendere continuo il gitto di queste trombe; ciò che utilissimo è sopratutto per le trombe destinate a fare estinguere gl'incendi.

139. La macchina pneumatica in essenza non differisce da una tromba. Se s'innalza lo stantuffo in un canale simile ad una sciringa, la cui apertura sia immersa in un liquido, questo in virtù della pressione dell'aria vi s'introdurrà e ne riempirà la capacità. E' evidente che se quest'apertura, in vece di stare immersa in un liquido, stesse chiusa, la medesima operazione anche sarebbe valevole a fare il vòto nel cilindro; su questo principio poggia la costruzione delle macchine pneumatiche. Di fatti aggiungiamo un pallone a questo corpo di tromba, come rappresenta la *fig.* 43, o facciamola comunicare con un recipiente ordinario, *fig.* 44, sul quale si può situare una campana od attaccar con viti dei cannelli, palloni, vesciche ec.; a la parte inferiore del corpo della tromba, o meglio nello stesso stantuffo facciamo un'apertura guernita di valvola, ed un'altra nell'ingresso del canale che conduce al recipiente; in questo stato, innalzando lo stantuffo P, l'aria contenuta nel pallone diventerà più rarefatta; ma, abbassandolo, la valvola S' impedirà che possa ritornare; aprirà invece quella adattata a lo stantuffo e si disperderà; se nuovamente s'innalza lo stantuffo, la seconda valvola S chiuderà l'apertura, e l'aria del pallone si troverà nuovamente rarefatta. Continuando tali alternativi movimenti si potrà dilatar l'aria in maniera che la sua densità sia quasi insensibile.

In tal macchina, la pressione dell'aria, sopratutto verso il finire dell'operazione, oppone una resistenza che non si può vincere se non adoperando grandissimo sforzo, dappoichè è presso a poco uguale a quella che abbisognerebbe per sollevare una colonna di acqua alta 32 piedi; affin di distruggere questa resistenza si costruiscono macchine pneumatiche tali quali le rappresenta la *fig.* 45; due stantuffi s'innalzano e si abbassano alternativamente, di maniera che la pressione dell'aria su quello che si abbassa compensa e distrugge la resistenza esercitata da la medesima forza su quello che s'innalza.

140. Per determinare il grado di rarefazione dell' aria contenuta sotto il recipiente della macchina pneumatica, vi si fa comunicare un cannello barometrico H immerso in un vase pieno di mercurio. A misura che l' aria si rarefa, il mercurio ascende nel cannello ed indica il grado di dilatazione. Allo stess' uopo si usa una *provetta fig.* 46, ch' è una specie di barometro destinato a tal uso. In tutte le sperienze di questo genere, si debbono anche mettere sotto il recipiente sostanze disseccanti, affin di assorbire il vapore di acqua che si forma costantemente per la sua forza di espansione e riempie il vaso. Questa precauzione è indispensabile.

141. Non descriveremo le trombe di compressione mediante le quali si condensano l'aria ed i gas; già s' intende che debbon esser formate con meccanismo analogo a la macchina pneumatica, ma in senso inverso. Tutti questi instrumenti pruovano irrefragabilmente la forza immensa dei gas. Una vescica floscia, per cagione della pressione dell' aria, messa sotto il recipiente della macchina pneumatica, vi si gonfia e subito ne riempie tutta la capacità; un'altra vescica gonfiata all' aria libera e messa sotto il recipiente di una tromba da compressione, diviene floscia come la prima nell' aria.

142. Il sifone è ancora una specie di tromba. Allorchè vi si opera il vòto, il liquido ne riempie l' interiore; ma, subito dopo, non essedo più sostenuto, cade e continua a colare impedendo che l' aria rientri nel cannello. Il fucile a vento, le diverse specie di soffietti, le fontane intermittenti, di compressione, presentano ugualmente effetti che dipendono da la compressione e dall' elasticità dell' aria.

143. I fenomèni aerostatici sono anche il risultamento e la pruova della pressione e dell' elasticità dell' aria e dei gas. Abbiam veduto che ogni corpo più leggiero del mezzo in cui si trova situato, tende verso la sua superficie, e per conseguenza a sollevarsi. Ma siccome tutt' i liquidi e tutt' i solidi non hanno la medesima densità sotto lo stesso volume, così parimente taluni gas possono controbilanciare l'elasticità dell'aria senza avere densità uguale a la sua: su questo principio poggia la dottrina dei palloni. Il loro inventore, Montgolfier, non ancora conoscendo le relazioni di densità fra gli gas, pervenne al suo scopo, tirando partito da la proprietà che hanno i corpi di dilatarsi mediante il calore. Egli costruì una sfera di gran dimensione, aperta nella sua parte inferiore; una rete teneva sospesa a questa sfera una

navicella in cui stava un fornello con foco acceso; subito il calore dilata l' aria contenuta nel pallone, aumenta la sua elasticità, e perciò addivenuto più leggiero, seco eleva nell' atmosfera il fornello, il combustibile e quello che debbe dirigerlo.

Tali aerostati erano d' uso pur troppo pericoloso. Il Sig. Charles sostituì all' aria rarefatta il gas idrogeno il solo che al presente si adopera. I palloni son fatti di taffettà spalmata di vernice composta di olio di trementina e gomma elastica. Il viaggiatore può a volontà ascendere o discendere, primieramente mercè la sabbia che gli serve di savorra, e che getta via secondo le circostanze, in secondo luogo mediante l' artificio di una valvola, con la quale può fare scappar via una porzione del gas. Così stan fatti i palloni che s' innalzano giornalmente nelle feste delle capitali; in un consimile aerostata il Sig. Gay-Lussac si è elevato fino all' altezza di 7,000 metri, la più grande cui l' uomo sia finora pervenuto (1). Ivi, questo intrepido scienziato respirava appena, il sangue sgorgava da diverse parti del suo corpo, e non ostante non desisteva dall' osservare l'altezza del barometro e del termometro, raccoglieva l' aria di queste alte ragioni, ma infine suo malgrado fu costretto a discendere.

§. III. *Peso specifico dell'aria e de' gas.*

144. La densità de' fluidi elastici per ciascun di essi è diversa, siccome è diversa per tutti gli altri corpi. Noi abbiamo dedotta quella de' solidi e de' liquidi paragonandola col peso specifico dell' acqua, potremmo paragonarvi anche quella de' gas, ma è più comodo, a cagione della somma lor leggerezza, di assumere uno di essi per termine di paragone: l' aria atmosferica, che sotto ogni aspetto si può considerar come sempre la stessa, ha meritata la preferenza.

Il peso specifico dell' aria atmosferica si prende dunque per termine di paragone di quello di tutti gli altri gas. Per conoscerlo esattamente, si opera il vòto il più che sia

---

(1) Ci affrettiamo a rivendicar questa gloria, di cui tutto il Mondo onora l'illustre fisico Francese, ad uno scienziato Italiano. Il Sig. Brioschi nel viaggio aereo che intraprese in Padova il giorno 22 Agosto 1808 insieme col Sig. Andreoli, giunse fino all'altezza somma di 8625 metri, ossia 1625 metri più alto di Gay Lussac: si aggiunga che a maggiore altezza non potè continuare ad osservare perchè fu sorpreso da asfissia — *I Tradutt.*

possibile in un pallone di vetro di determinata capacità, e preliminarmente non disseccato, si pesa così questo pallone, sospendendolo al piatto di una bilancia esattissima, e se ne prende il peso; se in seguito vi si lascia introdur l'aria, pesandolo nuovamente, la differenza del peso indicherà il peso d'aria abbisognato a riempire il pallone. Per tal maniera si potrà ridurre a grammi il peso di qualunque gas o vapore; ed una volta conosciuto il peso dell'aria vi si potrà riferire quello di tutti gli altri fluidi elastici.

145. Ma onde questa operazione dia risultamenti uniformi a la verità, a la cui esattezza si possa aver fiducia, è necessario tener conto di molte cagioni di errore, il cui effetto sarebbe considerevole, perchè i corpi de' quali trattiamo sono leggieri anche sotto gran volume. Bisogna dunque primieramente aver risguardo a la temperatura ed a la pressione tanto dell'aria esterna che del gas che si pesa, dappoichè il peso di un medesimo volume varia sotto l'influenza di queste circostanze; debbonsi dunque, in questa specie di esperienze, consultare il termometro, e la provetta. Lo stato igrometrico dell'aria e de' gas debbe determinarsi esattissimamente, dappoichè il vapore d'acqua mescolandosi ai gas ed avendo un peso proprio, il peso del miscuglio non esprimerebbe la densità reale del gas che si suggetta all'esperienza; finalmente non bisogna conoscer soltanto la densità del vase che si adopera, ma abbisogna tenere anche conto delle variazioni di dimensioni cui soggiace pel variare della temperatura.

146. Operando in siffatta guisa, e facendo tutte queste correzioni, si è riconosciuto che un litro di aria pesa, a 0°, e sotto la pressione di 76 centrimetri, 1 gramma 299. Parimente i sigg. Arago e Biot hanno trovato che la densità dell'aria essendo presa per unità, quella dell'ossigeno era di 1. 1.; quella dell'idrogeno di 0, 073; quella del vapore d'acqua 0, 623, ec.

§. IV. *Dilatazione de' gas.*

147. I fluidi elastici, del pari che tutti gli altri corpi sono suggetti all'azione del calorico; anzi essa è assai più considerevole in questi corpi ne' quali ogni legame di affinità è interrotto. Per la medesima ragione dovea prevedersi, che fintanto dura lo stato gassoso, la dilatazione e 'l restringimento sarebbono esattamente proporzionali a la temperatura, e questo è stato confermato dall'espe-

rienza; non vi sarebbe dunque alcun corpo più atto dei gas per la construzione dei termometri, ed effettivamente se ne construiscono sotto le forme rappresentate da le *fig.* 47 e 48, che hanno estrema sensibilità, e mediante i quali si possono determinare le menome variazioni di temperatura. Questa grande dilatazione constituisce anzi il massimo loro inconveniente, ed una delle cagioni onde sono stati lor preferiti i termometri a liquido per osservare le temperature ordinarie; ma non si debbon trascurare per misurare le altissime, e le bassissime temperature, come anche per valutare la misura delle più piccole variazioni. Quest'instrumenti sono di fatti tanto sensibili, che basta avvicinarsi ad essi per due o tre metri per farli muovere, indicando il calore del corpo, ciò che concorre a renderne l' uso incomodo.

148. Mediante instrumenti analoghi, e adoperando le più grandi precauzioni, il Sig. Gay-Lussac è arrivato a provare, con la sperienza, che tutt' i fluidi elastici, come anche i gas permanenti ed i vapori, si dilatano e si restringono uniformemente in ragione della temperatura, purchè la pressione resti la stessa. Ha trovato consister questa dilatazione, a cominciar da la temperatura del ghiaccio che fonde fino a 100°, in 0, 375 del volume primitivo che avevano a 0°; la dilatazione seguita ancora a comportarsi in tal guisa al di sopra ed al di sotto di questi due termini, di maniera che l' azione del calorico si può risguardare come la sola azione di quest'aumento di volume dei gas, indipendente da la pressione, cui stan suggetti, cagione che agisce sempre in maniera costante ed uniforme.

Nota sui calcoli dei pesi specifici e delle dilatazioni.

Il peso di un corpo qualunque considerato in sè stesso senza incaricarsi del suo volume, si chiama suo peso assoluto P; il peso compreso sotto l' unità di volume constituisce il suo *peso specifico* G; se V è il volume del corpo, M la sua massa, si ha le seguenti relazioni

$$P = G\ V,\ G = \frac{P}{V}$$

Se P e *p* sono i pesi assoluti di due corpi, i cui volumi sieno V e *v*, i pesi specifici G e *g*, le masse M, *m*, le densità D, *d*.

$$G : g :: \frac{P}{V} : \frac{p}{v} :: \frac{M}{V} : \frac{m}{v} :: D : d$$

Determinare il rapporto R tra i pesi specifici di due corpi.

Se si tratta di liquidi si prende una boccetta vota, di cui si determina il peso a; si riempie di acqua, ed un nuovo peso dà b; finalmente si riempie dell' altro liquido di cui si vuol sapere il peso specifico c.

$$R = \frac{c-a}{b-a}$$

Se si tratta di un solido, si mette la boccetta piena di acqua in uno de' piatti di una bilancia,, e si stabilisce l' equilibrio mediante pesi conosciuti; quindi si mette il corpo a fianco della boccetta e si stabilisce nuovamente l' equilibrio mediante un nuovo peso ϖ, che evidentemente rappresenta quello del corpo solido; finalmente s' introduce il corpo in questa boccetta piena di acqua, e per produrre nuovamente l' equilibrio si è obbligato di aggiungere un nuovo peso E.

$$R = \frac{\varpi}{E}$$

Si può anche adoperare l' areometro di Fahrenheit, di cui abbiam data la descrizione.

Sia p il peso dell'instrumento, più quello di cui si carica per farlo equilibrare nel primo liquido, $p \pm q$ sia questo peso nel secondo de' liquidi, di cui chiamiamo i pesi specifici π e π', si ha

$$\frac{\pi}{\pi'} = \frac{p \pm q}{p}$$

Pe' solidi si adopera l' instrumento di Nicholson, o la verga idrostatica di Coates. Chiamiamo k il peso messo nel bacino superiore per produrre l' equilibrio. Si toglie questo peso, e vi si sostituisce il corpo, più il peso l necessario per produrre l' equilibrio. Finalmente si mette il corpo con un peso m nel bacino inferiore, anche per produrre l' equilibrio; si ha pel rapporto R de' pesi specifici del li[illegible] l solido

$$R = \frac{k-l}{m-l}$$

E se p disegna il peso del corpo nell' aria, ed n la perdita che ha fatta il corpo del suo peso nell' acqua,

$$p = k - l \qquad\qquad n = m - l$$

Se si tratta di due liquidi, a essendo il peso dell' instrumento, l il peso aggiunto che produce l'equilibrio nel primo, λ il peso che bisogna aggiungere o togliere per produrlo nel secondo, il rapporto R de' pesi specifici è

$$R = \frac{a + l \pm \lambda}{a + l} = 1 \pm \frac{\lambda}{a + l}$$

Se ad una bilancia esattissima si sospenda con un crine il corpo, e dopo aver messo l' instrumento in equllibrio nell' aria mediante un peso P, si fa sommergere il corpo nell' acqua, l' equilibrio sarà distrutto, e per ristabilirlo abbisognerà un peso f, il rapporto de' pesi specifici del corpo e dell' acqua sarà

$$R = \frac{P}{f}$$

Finalmente se f, f' sieno i pesi che abbisogna aggiugnere perchè un corpo qualunque, sospeso come abbiam detto di sopra, e successivameute sommerso in due differenti liqnidi, venghi equilibrato, il rapporto dei pesi specifici di questi fluidi è

$$R = \frac{f}{f'}$$

Con questi mezzi si sono in parte determinati i pesi specifici delle seguenti sostanze.

Pesi specifici de' fluidi elastici, quello dell' aria preso per unità.

NOMI DE' FLUIDI ELASTICI.	DENSITA'	
	determin. con la sperien.	calcolate
Aria	1.0000	
Vapore di iodo	....	8.6195
Vapore di etere idroiodico	5.4749	
Vapore di essenza di trementina	5.0130	
Gas idriodico	4.443	
Gas fluo-silicico	3.5735	
Gas cloro-carbonico	....	3.3894
Vapore di carburo di zolfo	2.6447	
Vapore di etere solforico	2.5860	
Cloro	2.470	2.4216
Gas euclorino	....	2.3782
Gas fluo-borico	2.3709	
Vapore di etere idro-clorico	2.2119	
Gas solforoso	2.1204	
Gas cloro-cianico	....	2.111
Cianogeno	1.8064	1.8011
Vapore di alcool assoluto	1.6133	
Protossido di azoto	1.5204	1.5209
Acido carbonico	1.5240	
Gas idro-clorico	1.2474	
Gas idro-solforico	1.1912	
Gas ossigeno	1.1036	
Deutossido di azoto	1.0388	1.0364
Gas oleofacente	0.9780	
Gas azoto	0.976	
Gas ossido di carbonio	0.9569	0.9678
Vapore idro-cianico	0.9476	0.9360
Idrogeno fosforato	0.870	
Vapore di acqua	0.6235	0.6224
Gas ammoniacale	0.5967	
Gas idrogeno carbonato	0.555	
Gas idrogeno arseniato	0.529	
Gas idrogeno	0.0688	

Liquidi. Quello dell' acqua essendo 1.

Acido solforico	1.8409
Acido nitroso	1.550
Acqua del mar Morto	1.2403
Acido nitrico	1.2175
Acqua di mare	1.0263
Latte	1.03
Acqua distillata	1.0000
Vino di Bordeaux	0.9939
Vino di Borgogna	0.9915
Olio di Oliva	0.9153
Etere muriatico	0.874
Olio essenziale di trementina	0.8697
Bitume liquido detto *nafta*	0.8475
Alcool assoluto	0.792
Etere solforico	0.7155

Solidi.

Platino laminato	22.0690
Platino passato a la filiera	21.0417
Platino forgiato	20.3366
Platino purificato	19.5000
Oro forgiato	19.3617
Oro fuso	19.2581
Tungsteno	17.6
Mercurio (a 0°)	13.598
Piombo fuso	11.3523
Palladio	11.3
Rodio	11.0
Argento fuso	10.4743
Bismuto fuso	9.822
Rame in fila	8.8785
Rame rosso fuso	8.7880
Molibdeno	8.611
Arsenico	8.308
Niccolo fuso	8.279
Urano	8.1
Acciaro non martellato	7.8165
Cobalto fuso	7.8119
Ferro in isbranche	7.7880
Stagno fuso	7.2914
Ferro fuso	7.2070

Zinco fuso	6.861
Antimonio fuso	6.712
Tellurio	6.115
Cromo	5.9
Jodo	4.9480
Spato pesante	4.4300
Giargone di Ceylan	4.4161
Rubino orientale	4.2833
Zaffiro orientale	3.9941
Zaffiro del Brasile	3.1307
Topazio orientale	4.0106
Topazio di Sassonia	3.5640
Brasile orientale	3.5489
Diamanti più pesanti (leggermente colorati in rosa)	3.5310
—— i più leggieri	3.5010
Flint-glass (inglese)	3.2393
Spato-fluore (rosso)	3.1911
Tormalina (verde)	3.1555
Asbesto	2.9958
Marmo di Paro (calce carbonata laminare)	2.8376
Quarzo	2.8160
Smeraldo verde	2.7755
Perle	2.7500
Calce carbonata cristallizzata	1.7182
Quarzo diaspro	2.7101
Corallo	2.680
Cristallo di rocca puro	2.6530
Quarzo agata	2.615
Feldspato limpido	2.5644
Vetro di San Gobain	2.4882
Porcellana della China	2.3847
Calce solfata cristallizzata	2.3117
Porcellana di Sèvres	2.1457
Zolfo nativo	2.0332
Avorio	1.9170
Alabastro	1.8740
Antracite	1.8
Allume	1.720
Carbon fossile compatto	1.3292
Giaietto	1.259
Succino	1.078
Sodio	0.9726
Ghiaccio	0.930
Potassio	0.8651

Legno di faggio	0.852
Frassino	0.845
Tasso	0.807
Legno d' orno	0.800
Melo	0.733
Legno di arancio	0.705
Abete	0.657
Tiglio	0.604
Legno di cipresso	0.598
Legno di cedro	0.561
Pioppo bianco di Spagna	0.529
Legno sassafras	0.482
Pioppo ordinario	0.383
Sughero	0.240

Per fissare una specie di connessione fra le precedenti tavole di' pesi specifici, soggiungiamo che, dietro ricerche de' Sigg. Biot ed Arago, il peso dell' aria atmosferica secca, a la temperatura del ghiaccio che fonde, e sotto la pressione di 0^m, 767 è, a volume uguale, $\frac{1}{770}$ di quello dell' acqua distillata.

Presa la media proporzionale di un gran numero di pesi, si è trovato che a zero di temperatura e sotto la pressione di 0^m 76, la relazione del peso dell'aria a quello del mercurio è di 1 a 10466.

Dilatazione.

La dilatazione è lineare, superficiale o cubica, secondo si considera la lunghezza, la superficie od il volume del corpo che vi sono suggetti: δ essendo la dilatazione lineare, D la dilatazione superficiale, ed Δ la dilatazione cubica, si ha le segnenti relazioni

$$\Delta = 3\,\delta \qquad D = 2\,\delta$$

In un medesimo corpo solido, la dilatazione lineare sembra essere proporzionale al numero dei gradi del termometro, contando da 0 fino a 100°.

Questa dilatazione varia ancora per ciascun corpo. Si debbe ai Sigg. de Laplace e Lavoisier una tavola di siffatte dilatazioni pé' corpi i più usati nelle arti,

δ essendo la dilatazione lineare del corpo per ogni grado centesimale, il 100° del numero della tavola, o l' 80°, se si adopera il termometro di Réaumur,

t il numero de' gradi, l la lunghezza a o, l' quella del corpo dilatato, S la superficie a o, S' la superficie dopo la dilatazione, V il volume a o, V' il volume del corpo dilatato

Si ha con esattezza sufficiente per la pratica

$$V' = V(1 \pm 3\delta t)$$
$$S' = S(1 \pm 2\delta t)$$
$$l' = l(1 \pm \delta t).$$

Il segno inferiore o superiore si adopera secondocchè evvi diminuzione od aumento di calore.

Queste formole richiedono la conoscenza delle dimensioni a o; se si volesse conoscere una dimensione V'' S'' l'', a la temperatura t'', mediante V', S' l', a la temperatura t', senza passare per la dimensione a o, si fa uso di

$$V'' = \frac{V'(1 + 3\delta t'')}{1 + 3\delta t'}$$
$$S'' = \frac{S'(1 + 2\delta t'')}{1 + 2\delta t'}$$
$$l'' = \frac{l'(1 + 2\delta t'')}{1 + \delta t')}$$

Tavola delle dilatazioni lineari, cui soggiacciono diverse sostanze, dal termine della congelazione fino a quello dell' ebollizione dell' acqua, secondo i Sigg. de LAPLACE *e* LAVOISIER.

Nomi delle sostanze	Dilatazione in decimali		Dilatazione in frazioni ordinarie
Acciaro non temprato	0.0010791	......	$\frac{1}{927}$
Argento di coppella	0.0019097	......	$\frac{1}{927}$
Rame	0.0017173	......	$\frac{1}{582}$
Rame giallo o ottone	0.0018782	......	$\frac{1}{533}$
Stagno di Falmouth.	0.0021730	......	$\frac{1}{538}$

Ferro dolce forgiato.	0.0012205	$\frac{1}{819}$
Ferro tondo passato a la filiera .	0.0012350	$\frac{1}{812}$
Flint-glass inglese . . . . ,	0.0008117	$\frac{1}{1248}$
Oro di spartimento	0.0014661	$\frac{1}{682}$
Oro del titolo di Parigi . . .	0.0015515	$\frac{1}{645}$
Platino	0.0008565	$\frac{1}{1167}$
Piombo.	0.0028484	$\frac{1}{356}$
Vetro di San Gobain	0.0008909	$\frac{1}{1122}$

Il mercurio si dilata, in volume, da zero fino all' acqua bollente di . . . . — $\frac{100}{5550}$

L' acqua di . . . . — $\frac{1}{23}$

L' alcool di . . . . — $\frac{1}{9}$

Tutt' i gas di . . . . — $\frac{100}{267}$

Per gli gas le variazioni di calore e di pressione si possono comprendere in una stessa formola contemporaneamente. Sieno v e v' i volumi di un gas secco a le temperature centigrade rispettive t, t', e sotto le pressioni p, p'; queste essendo misurate da le colonne di mercurio del barometro, si ha

$$p\,v\,(1 + 0.00375\,t') = p'\,v'\,(1 + 0.00375\,t).$$

T. R.

CAPITOLO IV.

ACUSTICA E SUONO.

149. Studiando l'elasticità de' corpi abbiam veduto che le loro molecole, quando una forza straniera le costringe ad allontanarsi da le loro posizioni naturali, tendono a ritornarvi oscillando molte volte ed isocronamente, appena questa forza le lascia in balìa di se stesse; il calcolo dimostra che quest'isocronismo, val dire questa regolarità di movimenti dipende da la natura della forza che agisce. Il suono è appunto il prodotto di tali vibrazioni divenute rapidissime, è l'effetto del movimento delle melocole dei corpi, che si propaga di luogo in luogo ed arriva finalmente all'organo capace di valutarlo. Di fatti vedremo in prosieguo che l'orecchio conta per così dire il numero delle vibrazioni per comporne il valore dei suoni e farsene idea. Si chiama *acustica* la sienza che ricerca le leggi della formazione, della propagazione, della trasmissione di tali movimenti, la scienza in fine che tratta del suono in generale.

Abbiam dovuto parlare del suono dopo esserci occupati dell'aria; dappoichè se tutt' i corpi son capaci di acquistar rapide vibrazioni, e per conseguenza di divenir sonori e trasmettere il suono, pur nondimeno ne' casi ordinari, qualunque sia la cagion produttiva del suono, l'aria n'è il veicolo. Si può dire che ad eccezione di piccolissimo numero di suoni prodotti nell'interno del nostro corpo, de' quali ignoriamo la maniera onde li percepiamo, tutti ci pervengono coll'intermezzo dell'aria, perchè questo fluido appunto riempisce la cavità del nostro orecchio.

150. È infinita la varietà de' suoni, e comechè la scienza sia pervenuta a scoprire la cagione delle loro principali modificazioni, tuttavia molte di esse rimangono ignote. Così non solamente notiamo differenza fra un suono grave ed un suono acuto, forte o debole, ma sovente giudichiam pure esattamente della natura del corpo sonoro da la qualità del suono che produce. Si distingue la voce umana, quella di ogni animale, il suono di ogni instrumento; il sibilo del vento, il mormorio delle acque, tutte le specie di rumori prodotti da movimento, attrito, urto qualunque, sono anche suoni che si debbono a la medesima cagione, a le vibrazioni dei corpi; ma offrono mille varietà inesplicabili, che non pertanto i nostri organi sanno riconoscere.

151. Lo studio compiuto dei suoni debbe dividersi in tre rami che appartengono a tre differenti scienze. Quella che si occupa del paragone e delle relazioni dei suoni affin di ricercare quali sieno i più grati all' orecchio, quali producono sull' immaginazione l' effetto più possente, comprende l' *arte musicale*; questa scienza è estranea al nostro soggetto, ma noi vedremo le regole della melodia e dell' armonia derivare da le relazioni naturali delle vibrazioni e da la formazione de' diversi suoni; vedremo che la gamma musicale sembra trarre la sua origine da un sentimento intimo delle vere relazioni fra gli suoni, relazioni fondate sul numero delle vibrazioni del corpo sonoro. Dall'arte musicale dipende lo studio della natura, de'mezzi, dell' uso de' diversi instrumenti, ciò che si apparta dal nostro piano; ma noi daremo un' idea dei princìpi su i quali poggiano la lor construzione non meno che i loro effetti.

Lo studio degli organi mediante i quali l' uomo e moltissimi animali percepiscono i suoni e li producono, potrebbe considerarsi anche come dipendenza dell'acustica; ma appartiene evidentemente a la fisiologia ed a la storia naturale il far conoscere la construzione di siffatti instrumenti tanto adattati al fine cui son diretti, tanto limitati e semplici in apparenza, ma tanto estesi, possenti e perfetti, che si stenta a potere spiegare la lor maniera d' agire.

A la fisica speciale restano dunque soltanto le ricerche che hanno per obbietto la formazione del suono mediante il movimento vibratorio dei corpi; debb' essa in seguito studiare il modo di trasmissione e di propagazione de' suoni in diversi mezzi, secondo le diverse circostanze, come pure la velocità e la direzione che seguono quando incontrano qualche ostacolo; finalmente è ancora di sua spettanza il paragonare i differenti suoni, astrazion fatta da la sensazione che producono, e considerarli per così dire nelle sole loro relazioni meccaniche.

Sezione Prima.

Formazione de' Suoni.

152. Per comporsi idea della formazione del suono e per riconoscere ch' esso vien prodotto da le vibrazioni dei corpi, basta osservare con attenzione quello che accade in un corpo sonoro, tal che una corda di budello od una verga di metallo tesa. Si vedrà in primo luogo che appena si

fa deviare questa corda da la sua posizione naturale, essa tenderà a ritornarvi mediante un movimento vibratorio; una sequela di oscillazioni; dimostra il calcolo che il numero di queste oscillazioni debb' esser tanto più considerevole per quanto la corda sta più tesa ed è meno lunga; di fatti, la sperienza fa da prima osservare nella corda vibrazioni lente, che facilmente si possono contare, ma in questa caso non si produce alcun suono percettibile ai nostri sensi; ma se si aumenta la tensione o si diminuisce la lunghezza della medesima corda, tosto aumenta il numero delle vibrazioni; si scorgono financo, ma non si possono contare; in tal guisa si forma il suono; e se successivamente si faccia variare la lunghezza o la tensione di questa corda, si potranno in questo caso produrre tutt' i suoni, a cominciare dal più grave, e terminando al più acuto.

153. Tutt' i corpi sono porosi ed impenetrabili, tutti sono più o meno elastici, tutti dunque possono produrre e trasmettere i suoni; ma di questa proprietà son dotati in gradi differenti; di quì risultano, tanto nell' intensità, quanto nella qualità de' suoni, varietà infinite. Sia però qualunque lo stato del corpo, addiviene sonoro sol perchè eseguisce vibrazioni; si comprende di leggieri che la sua forma, composizione, densità, e molte altre consimili circostanze influiscono necessariamente su le oscillazioni che acquistano le sue melecole; non dovrà dunque recar meraviglia se scorgiamo tanta diversità ne' suoni prodotti, e se ne ascoltiamo dei confusi, gravi, grati, disarmonici, ec., ec. Un effetto complicato non può dare un risultamento semplice.

154. L' aria fra tutti gli altri corpi merita di fissare in preferenza la nostra attenzione rispettivamente a la sonorità. In primo luogo, essendo l' inviluppo quasi universale dei corpi, e sopratutto dell' organo destinato a farci percepire i suoni, ne constituisce per noi il principio propagatore; senza di essa la maggior parte ci sarebbono ignoti. In secondo luogo l' aria, per la sua omogeneità, ha il vantaggio di produrre suoni costantemente paragonabili, e di trasmettere quelli prodotti dagli altri corpi, senza farli sperimentare la menoma alterazione; essa è un interprete fedele, che frapponendosi tra il nostro orecchio ed i corpi sonori, ci traduce esattamente con la massima esattezza, l' espressione del loro linguaggio, val dire tutt' i loro più complicati movimenti.

155. Che che ne abbiano detto taluni scienziati, l' a-

ria è il veicolo ordinario del suono; è inutile affidare questo incarico ad un fluido particolare. La spiegazione soddisfacente di tutt'i fenomeni, e non poche sperienze decisive non permettono più mettere in dubbio che l'aria, mettendosi in relazione, prendendo l'unisono delle vibrazioni degli altri corpi, ci trasmetta la sensazione de' suoni che producono. Una di queste sperienze più dimostrative è quella che fa conoscere non potersi il suono produrre nel vòto; di fatti, se sotto la campana della macchina pneumatica si sospende un campanello, in vano si vedrà dondolare, nessun suono potrassi produrre; ma appena v'entrerà la piu piccola quantità di aria, produrrassi un suono prima debole, e crescerà a misura che l'aria addiventerà più densa. Inoltre, sperienze recentissime del Sig. Savart han dimostrato che l'aria, ogni qualvolta addiviene sonora, acquista movimenti dell' in tutto paragonabili a quelli delle corde vibranti, e, quanto a queste ultime, è noto che i suoni che producono e le vibrazioni che eseguiscono sono state suggettate al severo esame del calcolo.

156. Se l'aria è per noi il veicolo ordinario del suono, non n'è però il solo propagatore, siccome per lungo tempo si è creduto. È noto oggidì che tutt' i corpi solidi, liquidi e gassosi han la suscettività di produrre e di trasmettere i suoni; perciocchè le ricerche dei fisici han dimostrato che a densità uguale, i gas ed i vapori trasmettono i suoni assolutamente della medesima maniera dell'aria. Rispettivamente ai liquidi, si sa che essi producono i suoni con intensità e velocità molto maggiore dei gas. Quando si sta sommerso nell' acqua non solamente si sentono i rumori esterni con molta distinzione, ma anche quelli che si producono nel liquido; finalmente è noto che i pesci in una peschiera si possono abituare a riunirsi a suono di campana. È noto ugualmente che i solidi trasmettono i suoni con molta precisione e prontezza; ma la maniera di trasmissione sembra modificarsi molto per la maniera onde son costrutti. Chi mai può ignorare la seguente sperienza, cioè che l'urto di una testa di spilla si sente distintamente dall'uno all'altro estremo di una lunghissima trave e non si trasmette in senso trasversale? Di più il Sig. Biot non solo non si è contentato di verificare che il ferro fuso trasmette il suono in cannelli d'aquidotto lunghi più di 300 metri, distinguendone due separatamente, uno trasmesso dal condotto, l'altro dall'aria che vi si conteneva, ma ha benanco

misurata la sua velocità di trasmissione, ed ha confermato esser questa infinitamente più rapida che nell'aria. Da tutti questi fatti si debbe dunque conchiudere che la densità, se non è la sola cagione delle variazioni che si osservano nella velocità di propagazione dei suoni, n' è almeno la più influente.

157. Nella maggior parte delle sperienze che tendono a la determinazione dei fenomeni del suono, si producon questi facendo vibrare un corpo solido, il quale trasmette il suo movimento agli strati d' aria circostanti, e dà origine ad ondolazioni sonore che si propagano circolarmente di luogo in luogo ed in tutt' i versi. Le corde, ossia le verghe elastiche, sono le sostanze più adattate per questo genere di ricerche, le quali si eseguiscono d'ordinario mediante un instrumento chiamato *sonometro* o *monocordo*, *fig.* 49. Consiste esso in una cassa di legno che sostiene una corda di budello o metallica, che si può distendere mediante un peso situato in una delle sue estremità, o diminuire di lunghezza mediante il ponticello C.

158. Disaminando i fenomeni che offre questa corda quando si distrae da la posizione naturale, si riconosce in primo luogo ch' essa eseguisce una serie di oscillazioni isocrone vale a dire di durata uguale, qualunque ne sia l'ampiezza, fintantocchè la lunghezza e la tensione della corda restino le medesime. In seguito, contando il numero delle oscillazioni, si osserva che il primo suono percettibile vien prodotto da un corpo che fa trentadue vibrazioni per secondo: accrescendo successivamente la tensione della corda, diminuendone la lunghezza, ne segue che il numero delle vibrazioni aumenta nella medesima proporzione, e che i suoni diventano di più in più acuti; ma v'ha questo di notevole, che un numero di vibrazioni doppio dà un suono interamente analogo, e che offre il più perfetto accordo col primo: questo constituisce ciò che in musica si chiama l' *ottava*. Di più, si ottiene un numero di vibrazioni doppio dividendo la corda in due parti, o distendendola con un peso quadruplo. Noi supponghiamo la corda sempre di ugual diametro; dappoichè anche il diametro influisce sul suono, il quale è tanto più grave, per quanto la corda è più grossa; di maniera che si osserva, che se una corda di lunghezza e di diametro determinato, sotto data pressione, produce un suono che, seguendo l'uso musicale, potremmo denominare *ut*, la medesima corda, diminuita della metà farà un numero doppio di vibrazioni,

le quali daranno origine ad un suono concordante che sarà l' ottava superiore. Se parimente dividiamo una delle due metà della corda, si produrrà un numero di vibrazioni doppio della seconda esperienza, e quadruplo della prima, e per conseguenza una seconda ottava superiore; accadrà sempre lo stesso continuando la divisione della corda fino a che siasi pervenuto all' ultimo limite del suono percettibile verso l'acuto, limite che sembra stare nel punto in cui il corpo eseguisce più di ottomila vibrazioni per secondo. L' *ut* del violoncello è il suono prodotto da cento ventotto vibrazioni per secondo (1), ed ordinariamente, nelle sperienze di acustica, ed anche in musica si prende per punto di partenza la doppia ottava di questo tuono, quello ch' è prodotto da cinque cento dodici vibrazioni, ossia l'*ut* che si ottiene sul violino mettendo il terzo dito su la quarta corda; ma nei concerti gl'iustrumenti si accordano sul *la*, ch'è la quinta nota al di sopra di questo tuono fondamentale.

159. La vibrazione dei corpi offre anche questa notevole coincidenza, che nell' aria la lunghezza delle onde sonore segue la medesima compressione del numero delle vibrazioni, ma in senso inverso; di maniera che un numero di vibrazioni doppio produce un' onda sonora di lunghezza minore per metà. Quindi il primo suono percettibile è il risultamento di trentadue vibrazioni per secondo, e la lunghezza dell' onda sonora è anche di trentadue piedi; ma all' ottava al di sopra, il numero delle vibrazioni è di sessantaquattro, e la lunghezza dell'onda di sedici piedi, e così in seguito.

160. Su i differenti princìpi da noi esposti poggia la construzione dei diversi iustrumenti, che si possono ridurre a due specie, quelli a *corda* e quelli a *vento*. Ne' primi la lunghezza, la grossezza e la tensione delle corde somministrano tutt' i suoni: alcuni, come i piano-forti, sono a suoni fissi, vi sono tante corde quanti sono i suoni, e si producono mediante i tasti che percuotono le corde. Altri come i violini, i bassi, hanno piccolissimo numero di corde; ma suonandosi facendo variare a volontà la lunghezza delle corde, col vario giuoco delle dita, se ne ritraggono tutt' i suoni compresi nell' estensione dell' iustrumento; ciò che non oltrepassa quattro o cinque ottave al più, e per

(1) L' *ut* di cui qui si tratta è quello che vien prodotto dal cordone, ossia da la corda più grossa del violoncello. — T. R.

gl' instrumenti più privilegiati. Le casse, le scattole di diverse forme che vanno aunesse a tutti questi instrnmenti servono a solo oggetto di rinforzare i suoni, e sostenere i veri corpi sonori che sono le corde. La forza necessaria a sostenerle è considerevolissima; dappoichè si è calcolato che la debole tavola di un violino sostiene una pressione uguale ad un peso di ventotto libbre, e la cassa di un piano-forte all' enorme peso di sei mila libbre; non debbe dunque recar meraviglia che questi instrnmenti durino poco.

Negl' instrumenti a vento, l' aria è quella che fa da corpo vibrante, e tutte le diverse forme, tanto per rispetto a la imboccatura, che a la forma generale dell' instrumento, a la lunghezza, al volume, a le sue diverse aperture, non sono che accessorie destinate a modificare la qualità del suono, ed a renderlo più acuto e più grave, imprimendo all' aria vibrazioni più o meno rapide. In generale, i suoni degl' instrumenti a vento sono tanto più gravi per quanto la canna è più lunga; quindi negli organi, le canne hanno la lunghezza delle onde sonore: ma la forma degl' instrumenti col favorire od impedire taluni movimenti dell' aria, modifica possentemente i suoni. Ne' corni, nelle trombette, ec., la sola azione delle labbra determina l'aria delle canne ad eseguire il numero di vibrazioni necessarie per produrre tale o tal suono; ne' flauti e negli altri instrumenti di questa specie, l'aria viene ugualmente messa in movimento da le labbra; ma le aperture praticate di quando in quando determinano la produzione de' differenti suoni; in altri basta soffiare ed aprire o chiudere i buchi per ottenere il suono. Negl' instrumenti a linguetta, a la canna si aggiunge un piccolo apparecchio vibratorio, mediante il quale si perviene ad imprimere all'aria ogni specie di vibrazioni. La voce umana e quella di moltissimi animali sembrano prodotte da un instrumento a linguetta della più grande perfezione. Ma a noi non è concesso entrare in ulteriori particolari su questa materia (1).

---

(1) Vedete l' *Acustica* di Chladni, e le opere di storia naturale e di fisiologia, specialmente quella del Sig. Magendie, come pure il *Trattato intorno all' organizzazione degli animali*, del Sig. de Blainville. (*Nota dell' Autore*).

Noi esporremo qui le relazioni semplicissime fra le lunghezze ed il numero delle vibrazioni delle corde, i pesi che le distendono, ec. Nel *Manuale di Applicazioni matematiche*, si potranno riscontrare taluni problemi relativi a questa teorica.

Sia il raggio di una corda cilindrica $= r$, la sua lunghezza l, il

SEZIONE II.

Trasmissione e propagazione del suono.

161. Il suono si trasmette e si propaga non men bene col mezzo di tutti gli altri corpi che con quello dell'aria; e si comprende che in ogni mezzo omogeneo, che si

---

peso attaccato ad una delle sue estremità $= P$, quel che pesa l'unità di volume della materia che la compone $= \delta$, la semi-circonferenza il cui raggio è $1 = \pi$, il numero delle vibrazioni fatte da le corde in un tempo T uguale ad N, sia finalmente g la gravità, V il volume della corda, p il suo peso, si ha

$$V = \pi r^2 l \qquad p = \pi' r^2 l \delta$$

$$T = N r l \sqrt{\frac{\pi\delta}{gP}} \qquad N = \frac{T \sqrt{gP}}{r l \sqrt{\pi\delta}}$$

Se il tempo sia un secondo, val dire se $T = 1''$, si ha

$$N = \frac{\sqrt{gP}}{rl\sqrt{\pi\delta}}$$

Se sieno n n' i numeri delle vibrazioni di due corde uguali tese dai pesi P, P' o di differente lunghezza l, l', si ha

$$\frac{n}{n'} = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{P'}} = \frac{l'}{l}$$

Per produrre i differenti suoni del gamma naturale maggiore, si troverebbe che assumendo ad unità quello che dà l'*ut*, i valori di l e quello di n, corrispondenti a le altre note troverebbonsi assegnati dal quadro seguente.

L'intervallo di due suoni è il rapporto dei numeri delle vibrazioni relative a questi due suoni. Chiamandoli I, avremo

	Ut	*rè*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*ut.*
$l =$	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$
$n =$	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
$I =$		$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{15}{16}$

Si chiama semi-tuono l'intervallo $\frac{15}{16}$, tuono maggiore quello $\frac{9}{10}$ e tuono minore quello $\frac{8}{9}$

potesse considerare infinito in tutt' i versi, formerebbe esso necessariamente una serie di ondolazioni sonore successive, circolari intorno al centro di percossa, la cui velocità però potrebbe variare in ragione della natura del corpo; di questa velocità appunto intendiamo ora parlare; ma osserviamo in primo luogo che soltanto nell' aria si può sperare di ottenere uniformità, e precisione nei risultamenti, dappoichè tutti gli altri corpi hanno di rado perfetta omogeneità; e sopratutto ci si offrono sempre sotto forme complicatissime, le quali per conseguenza debbono influir molto su la maniera di trasmissione, come pure su la qualità de' suoni.

162. Per comprendere perfettamente la maniera onde il suono si propaga, bisogna esaminare quello che accader debbe quando una cagione qualunque imprime ad un corpo istantanea percossa, per es., quali modificazioni avvengono nell' aria nell' esplosione, o quando vien battuta da un colpo di scudiscio. Si conosce che tale percuotimento può esser capace di far vibrare l' aria di maniera che addivenga sonora: di fatti le molecole dell' aria, nel sito ove l' esplosione ha avuto luogo, verranno istantaneamente urtate con gran forza e tenderanno a mettersi in moto; ma tosto incontrando altre molecole resistenti, verranno spinte indietro ed acquisteranno movimento vibratorio intorno a la loro posizione primitiva; ma è evidente ch' esse non avran potuto fermarsi se non comunicando la loro forza di percossa a le molecole vicine: queste agiranno dunque in pari modo, e così il movimento si propagherà di parte in parte, come pure il suono che n' è conseguenza. Ma l' ampiezza delle vibrazioni, e per conseguenza l' intensità del suono, dovranno andar continuamente decrescendo, poichè la comunicazione delle forze aumenterà continuamente a misura che si allontaneranno dal centro di percuotimento, supponendo noi esteso infinitamente in tutt' i versi il mezzo in cui il movimento si propaga; ciò di fatti resta dimostrato dal calcolo, il quale ne determina anche la misura: il suono dunque dovrà estinguersi dopo aver percorso più o meno spazio, in proporzione della sua forza.

163. Si capisce anche benissimo che l'aria debbe scuotersi in diversissime maniere, in proporzione delle infinite svariate forze che con commozioni istantanee o ripetute l'agitano. Non può essa acquistar vibrazioni simili per l' influenza di cagioni tanto diverse; e delle volte urtata con poca violenza, le vibrazioni ne saranno lente, ed i suoni

gravi; finalmente con percosse intermedie produrrà tutt' i suoni medii fra queste estremità. Per simplificare il fenomeno abbiam supposto il caso di esplosione; ma è facile accorgersi, che i suoni prolungati altro non sono che esplosione continua, che centro di scuotimento, la cui azione dura più o men lungo tempo.

164. Abbiam detto che in un mezzo di grande estensione, come l'aria, il suono decresce d'intensità a misura che le onde sonore si discostano dal centro di scuotimento; ma non più così accade quando la colonna messa in moto è di estensione limitata e cilindrica; la serie delle molecole essendo sempre uguale di numero, debbe trasmettere il suono con uguale intensità, salvo la leggiera perdita cagionata dall' attrito, e da la comunicazione del moto a le pareti del cilindro: tutto questo è stato confermato per via sperimentale dal Sig. Biot, il quale parlando a voce bassa all' estremità d'un condotto lungo più di 950 metri (1), sosteneva una conversazione con una persona situata nell' estremità opposta. L' effetto considerevole del porta-voce, che dirige il suono da un dato lato, debbesi ad una cagione analoga. Nella medesima serie di sperienze questo scienziato riconobbe che tutt' i suoni si propagano con velocità uguale, benchè il numero delle vibrazioni eseguite in tempo determinato fosse svariatissimo. Del resto a questo risultamento doveasi venire: perchè è vero che l'aria può colpir l' orecchio di un numero maggiore di oscillazioni in un secondo di tempo, ma l' intervallo necessario a la propagazione di questo movimento è sempre lo stesso, giacchè le vibrazioni comprendono estensione tanto più piccola per quanto sono più rapide, ciò che determina esatta compensazione. Con esperienze simili si è ancora confermato che il suono generalmente si propaga con tanta maggior velocità che il corpo che lo trasmette è più denso e più elastico; così, ne' condotti succennati, il Sig. Biot sentiva distintamente due suoni prodotti dal colpo di un martello, un primo trasmesso rapidissimamente dal condotto, un secondo trasmesso in seguito da la colonna di aria. Pare che la stessa legge siasi riconosciuta ne' liquidi e ne' fluidi gassosi.

165. Spesso sono state ripetute diverse sperienze onde

(1) Il metro è una misura lineare di Francia, corrispondente presso a poco a 3 palmi e tre quarti di Napoli — *I Tradutt.*

determinare esattamente la velocità del suono nell' aria; il miglior mezzo per pervenirvi consiste in calcolare l'intervallo dei tempi che passa fra l'apparizione della luce di un colpo di cannone e la sua esplosione; con questo mezzo si è trovato che nello stato ordinario il suono si trasmette nell'aria con la velocità di circa 337 metri per secondi (1). Il calcolo dava risultamento molto inferiore; ma il Sig. de Laplace ha dimostrato che quest' errore emergeva dal non tenersi conto del mutamento di temperatura prodotto nell' aria da la sua condensazione e dilatazione nel movimento vibratorio. Facendo entrare quest'elemento ne'suoi calcoli, egli ha stabilito fra la teorica e l'esperienza un ammirabile accordo. La temperatura aumentando o diminuendo l'elasticità e la densità dell' aria, debbe effettivamente influire su la velocità di propagazione del movimento e del suono (2).

166. Il vento, in talune circostanze, influisce su la trasmissione del suono. Se l'aria per effetto del vento si muove nella medesima direzione del suono, la sua velocità resta aumentata; se in direzione contraria, ne resta diminuita; in un piano perpendicolare a la direzione del suono, non vi opera alcun mutamento.

167. Le vibrazioni produttrici del suono possono paragonarsi a le ondolazioni che agitano la superficie dei liquidi, ed in generale a tutt'i movimenti infinitamente piccoli; per questo non debbe recar meraviglia se molti suoni possono propagarsi contemporaneamente in varie direzioni, senza confondersi, nè distruggersi.

168. Il suono, in un mezzo non variabile nè per natura, nè per densità, si propaga in maniera uniforme ed in linea retta; ma incontrando un ostacolo, sovente gli comunica il suo movimento vibratorio e lo rende sonoro; sovente si riflette a la sua superficie, facendo l' angolo di riflessione uguale all' angolo d' incidenza, e continua a propagarsi in cosiffatta novella direzione con la medesima velocità. È questa l'origine de'fenomeni del risuonare de'corpi, quando la riflessione trasmette solamente un fragore confuso

---

(1) La velocità del suono è più esattamente 337 m. 118 per secondo; quando si debbe riconoscere questa velocità per determinare distanza di luoghi vicini, si usa il numero 340 m. — T. R.

(2) Una serie di non poche esperienze eseguite con molt' attenzione, nelle Indie, nelle vicinanze di Madras, dal Sig. Goldingham, han data per velocità media del suono, durante l' anno, 34 m. 41 per secondo.

dell'eco, e quando il suono riflesso è distinto: si comprende che l'eco dipende interamente da la configurazione de'luoghi in cui il suono vien riflesso, come anche da la natura e dall'elasticità del corpo riflettente. Delle volte esso è semplice, delle volte doppio o multiplice. Havvene taluni che ripetono i suoni fino a quaranta volte. La geometria somministra e spiega tutti questi risultamenti secondo il modo onde il suono si riflette, e deduce quali sieno le migliori forme da darsi a le sale di concerto e di declamazione.

SEZIONE III.

Paragone del suono.

169. Abbiam veduto che i suoni acuti o gravi dipendono da la velocità delle vibrazioni, e queste da la lunghezza, tensione e diametro delle corde; noi ci siamo soltanto occupati delle vibrazioni in direzione trasversale, come delle più importanti, dappoichè si osservano con maggiore facilità e regolarità, e si applicano a molti strumenti; ma non sono esse sole che hanno luogo. Le corde vibrano anche in direzione longitudinale e nel loro perimetro; finalmente non solo le verghe dritte, ma anche le verghe curve entrano in vibrazioni e per conseguenza producono suoni. Si comprende ch'è difficile trovare regolarità ne' suoni prodotti in questa maniera, ed effettivamente essi offrono infinite variazioni; ma generalmente si osserva ch'essi sono più acuti di quelli prodotti nella direzione ordinaria. Dobbiamo al Sig. Chladni gran numero di ricerche intorno a questo suggetto; se ne possono osservare i particolari nella sua *Acustica*; anche i Sigg. Biot e Savart se ne sono molto occupati (1).

170. Abbiam veduto ugualmente che la divisione della scala musicale in ottave è tutta naturale, dappoichè è fondata sopra relazioni doppie nel numero delle vibrazioni; le altre sono consonanti e si possono risguardare come fondamentali, sono anche riunite da relazioni semplici col numero delle vibrazioni; di maniera che evvi fra tutte una concordanza di cui l'orecchio sa valutare l'armonia ed il piacere che desta. Ma i

(1) Riscontrate le loro opere particolari e l'analisi dei loro lavori negli *Annales de Physique et de Chimie*; i primi fascicoli del 1824, principalmente, contengono una sposizione molto importante dei lavori del Signor Savart.

musici nella composizione della gamma hanno fra quelli intercalati altri tuoni, e dippiù tutti gl' intervalli li hanno divisi in due suoni, mediante i *bemolli* ed i *diesi*, e questi intervalli constituiscono ciò che eglino chiamano *semituoni*. La gamma de' musici è composta di sette note principali, delle quali abbisogna conoscere il valore, il suono, la durata, mediante le chiavi, le linee ed i diversi accessori.

171. Ricercando sul sonometro i diesi ed i bemolli, si trova che non abbisogna ugual numero di vibrazioni per innalzare od abbassare una nota di mezzo tuono, per conseguenza che il suono non è precisamente lo stesso; quindi negli instrumenti liberi, come il violino, i bassi, il suonatore trova involontariamente la convenevole posizione, guidato dal sentimento della melodia; ma negl' instrumenti a suono fisso, come nel piano, nell'arpa, nella maggior parte degl' instrumenti a vento, si è adottato ciò che si chiama *temperamento*, val dire un termine medio, per eseguire col medesimo suono il diesi di una nota ed il bemolle di quella che segue immediatamente.

172. Le corde non vibrano sempre in tutta la loro lunghezza, e sempre; mentre vibrano per tutta la loro estensione, eseguiscono ancora vibrazioni parziali, che sembrano aver centri particolari di oscillazione, chiamati *ventri*, e punti di separazione in riposo chiamati *nodi*; si è dimostrato questo fatto con una sperienza ingegnosissima. Si situano a distanze determinate, cavalcioni su la corda, piccoli pezzettini di carta di due colori; appena si costringe la corda ad entrare in vibrazione, si veggono saltare a terra tutti quelli di un colore ch' erano situati sui ventri, laddove quelli di altro colore situati su i nodi restano stazionari. Queste vibrazioni parziali non si possono eseguire senza produrre suoni; ciò che del pari si riconosce con un poco di attenzione; un orecchio esercitato ne ravvisa fino a sei o sette, ma si vanno continuamente indebolendo. Essi offrono questa proprietà notabile, che sono sempre il prodotto di una suddivisione della corda in numero intero di parti, a cui sono corrispondenti: sono essi ancora del numero di quei che l' orecchio sente con maggior piacere, motivo per cui si chiamano *armonici*.

173. La produzione de' suoni armonici ha luogo assai di frequenti; non solamente una corda isolata, situata in data maniera, aiutata sopratutto dall' applicazione del dito al luogo di un nodo, si divide in più parti vibranti,

ma anche, in quasi tutti gl' instrumenti, ogni corda, mentre dà il suono principale, produce anche naturalmente gli armonici, però meno intensi di quaudo vi si promuovano, se si può così dire: dippiù la vibrazione di una corda determina quelle che le stanno vicino, non meno che gli altri corpi, a vibrare a segno da constituire la serie dei suoni armonici: finalmente, si è riconosciuto che l' aria ha la medesima proprietà di formare nelle corde sonore nodi di vibrazione, e per conseguenza suoni armonici.

174. Altra proprietà ragguardevole delle vibrazioni, e ch' è conseguenza de' movimenti ondolatorii, consiste in ciò che la coincidenza di due vibrazioni può dare la sensazione del suono che realmente non si è prodotto; questo fenomeno si conosce col nome di esperienza di Tartini (1). N' è facile la spiegazione; sappiamo che ogni qual volta il nostro orecchio riceve l' impressione di ripetuti battiti, ci trasmette la sensazione di un suono, e determina la natura di questo suono dal numero de' battiti. Se due suoni prodotti nello stesso momento sieno, per es. nella relazione di due a tre pel numero delle vibrazioni ch' eseguiscono contemporaneamente, è evidente che vi saranno istanti in cui essi colpiranno il nostro organo simultaneamente: questo dunque resterà colpito come se lo fosse stato da un suono più grave prodotto direttamente dal rapporto di coincidenza. Vedremo in seguito che la luce offre fenomeni interamente analoghi, e che la sensazione del chiaro e dell' oscuro dipende da la coincidenza o da la discordanza dei raggi. Molti altri rapporti co' suoni, i quali recentemente si sono trovati suggetti a la refrazione ed a la polarizzazione, ci faranno conoscere che la luce, al pari del suono, risulta da movimento vibratorio.

---

(1) In risguardo a questa teorica, le sperienze del general Blein lo han menato ai seguenti risultamenti.

Se i due tuoni dati sieno rispettivamente rappresentati dai loro numeri di vibrazione m ed $m + n$, si avranno costantemente due suoni risultanti rappresentati da n ed $m - n$.

Se taluni ci offrono solo risonanza sensibile, ciò secondo lui accade dacchè la seconda è soltanto un ottava grave della prima o di uno de' suoni generatori.

La dissonanza *ut rè*, che non è compresa nella formola generale, produce sempre il *fa* diesi. — T. R.

LIBRO TERZO

FLUIDI IMPONDERABILI.

175. I fluidi imponderabili constituiscono una classe di corpi e di agenti affatto a parte, ma che, per ragione dei fenomeni importanti che producono, meritano la più grande attenzione. Sur essi specialmente sono state fatte le sperienze, le osservazioni, i lavori, le ricerche, le meditazioni de' più dotti fisici moderni; perciò progrediamo di giorno in giorno nella loro conoscenza, e fuori dubbio ci avviciniamo all' istante in cui la natura di questi corpi ci sarà sicuramente nota, e ci condurrà immancabilmente a la spiegazione di moltissime difficoltà che tuttavia s' incontrano in più parti delle scienze fisiche e naturali.

Fin quì abbiamo riconosciuto, ne' corpi che sono stati obbietti del nostro studio, diverse proprietà particolari e generali che abbiam potuto valutare rigorosamente, essendoci stato permesso l'assuggettarle a diversi metodi di calcolo, a diversi mezzi di analisi. Quelli che or imprenderemo ad esaminare potranno somministrarci uguali risultamenti; invisibili, impalpabili, simili in questo a la cagione ignota dell'attrazione, potrebbono anche considerarsi quali semplici proprietà, modificazioni della materia, e far dubitare della loro esistenza, poichè questa a noi si manifesta soltanto mercè gli effetti, od i movimenti che vengono prodotti in talune circostanze. Nondimeno vedremo che se questa opinione non può direttamente esser dimostrata falsa, se non può interamente essere qualificata assurda, quella che ammette l' esistenza di fluidi particolari spiega i fenomeni in maniera più probabile e più soddisfacente a la ragione.

176. Appena ammessa l' esistenza di questi fluidi, è evidente che dobbiam riconoscervi le proprietà essenziali dei corpi; val dire la materialità, l' estensione, l' impenetrabilità; ma dissimular non dobbiamo che tutt' i nostri mezzi d' investigazione non valgono a scoprire in essi cosiffatte proprietà. La lor natura è tale che non li possiamo paragonare ad alcuno di quelli che abbiamo studiati, ed intanto la esistenza materiale di essi sembra dimostrata dal loro immenso potere, da la loro influenza ed azione necessaria in innumerevoli fenomeni naturali. Si suppone dunque che questi fluidi sieno eminentemente elastici, composti di molecole, per così dire, infinitamente tenui e sot-

tili; che per conseguenza non possono opporre alcuna resistenza determinabile al cammino dei corpi celesti; e, per lo contrario, possono penetrare la maggior parte dei corpi con la massima facilità. Per tal ragione questi fluidi sono stati chiamati *incoercibili*, *discreti*, *eterei*; finalmente spesso si sono chiamati *imponderabili*, perchè non ancora si sono potuti pesare. La loro analogia con gli altri corpi è remota: e perciò in istudiarli non si debbe seguitare lo stesso metodo; perciò debbono consituire una sezione distiuta da la fisica, della quale formano uno dei rami i più importanti ed i più difficili.

177. Lo studio de'fluidi imponderabili comprende quello dei numerosi fenomeni della luce, del calore, dell'elettricità e del magnetismo; dappoichè l'osservazione ci fa prontamente riconoscere che i corpi i quali ci circondano, che possiamo vedere e toccare, non sono luminosi e caldi, non son dotati di proprietà elettriche e magnetiche da per sè stessi ed in tutte le circostanze, ma manifestano questi fenomeni sotto l'influenza di differenti agenti, di diverse forze motrici. L'esperienza c'insegna ugualmente che il calore e la luce si propagano a grandi distanze dal centro che li produce; che questa trasmissione non ha luogo soltanto in mezzo ai corpi solidi, liquidi o gassosi, ma benanche nel più perfetto vòto, nelle regioni dello spazio nelle quali è impossibile ammettere alcun altro corpo, eccetto un fluido etereo; donde risulta che i fenomeni del calore e della luce non si possono comunicare dai corpi che abbiamo studiati finora, e suppongono l'esistenza di un corpo particolare, che non possiamo vedere nè toccare, ma che possiamo determinare dai suoi effetti. Parimente l'elettricità ed il magnetismo offrono tanti fenomeni ch'è impossibile far dipendere da le leggi conosciute degli altri corpi, e che non si potrebbono spiegare senza ammetter l'esistenza di un fluido capace di manifestare la forza la più energica là dove, un istante innanzi, e senza alcuna apparente cagione di mutamento, tutto stava nell'assoluto riposo.

178. I risultamenti che abbiamo indicati dimostrano evidentemente l'esistenza di corpi moltissimo diversi da tutti gli altri, eminentemente sottili ed elastici; ciò che generalmente vien riconosciuto dai fisici. Ma come agiscono questi fluidi, come trasmettono il movimento impresso da la forza motrice? Debbesene ammettere un solo suscettivo di diverse modificazioni, o debbonsene ammettere più per

rendere ragione dei fenomeni? Ecco le quistioni che tuttavia tengon controversi gli animi dei fisici. La trasmissione del calore, della luce, dell' elettricità, del magnetismo, e per conseguenza tutti gli effetti che ne dipendono, son prodotto di una vera emissione di particelle da parte del corpo caldo, luminoso, elettrico o maguetico, oppure risultano da differenti moti vibratorii impressi da questi corpi ad un fluido universalmente diffuso? Tali sono i due sistemi che attualmente parteggiano i fisici; ciascuno di essi vien seguitato da uomini de' più stimabili, ciascuno è fecondo di applicazioni e soddisfa bastevolmente bene a la spiegazione dei fenomeni. Diamo un' idea della maniera di vedere nell' uno e nell' altro; e, necessitati a dare il nostro parere a favore di uno di essi, noi ci determineremo prontamente in favore di quello che offre maggior semplicità nelle sue applicazioni, che dà spiegazione dei fenomeni con maggior fecondità, e contro del quale non si sia prodotta alcun' obiezione senza risposta.

179. Nell' ipotesi dell' emanazioni, sviluppata prima da Newton relativamente a la luce, si suppone che la sorgente della luce ossia del calore tramanda una quantità di raggi composti di particelle estremamente tenui, dotate di grande velocità, e che posseggono le proprietà luminose o calorifiche del centro onde emanano. Desse vengon continuamente slanciate in tutte le direzioni, e si propagano in linea retta finchè si abbattono in qualche corpo; dappoichè in questo caso delle volte si riflettono a la superficie come palle, delle volte s' inflettono quando vi si accostano, delle volte penetrano nel suo interiore rinfrangendosi, val dire deviando da la loro direzione primitiva. Intanto in questa ipotesi la luce non viene separata dal calore, entrambi che si risguardano come modificazioni di un medesimo principio, ciò che di fatti vien sufficientemente pruovato da una quantità di analogia e di relazioni. Il calorico vien risguardato or come combinato in maggior o minor quantità coi corpi, delle volte sviluppandosi per diverse cagioni, e passando negli altri corpi in diverse maniere. Quando questo sviluppamento è molto considerevole, quando le molecole emesse hanno sperimentate talune modificazioni, esse divengono luminose. Nel medesimo sistema si spiegano di maniera analoga i fenomeni dell' elettricità e del magnetismo, mediante un solo ovvero due fluidi. Pochi anni sono se ne supponevano quattro per la spiegazione di queste due specie di effetti; ma tutte le recenti sperienze de' signori

Oersted, Ampère, Arago e di molti altri fisici, hanno dimostrata la loro identità, e non permettono di più ammettere fluidi elettrici e fluidi magnetici. Si rende ragione di tutt' i fenomeni di quest' ordine mediante l' alterazione e 'l ristabilimento dell' equilibrio di questi fluidi ne' corpi. Secondo l' opinione di Franklin, se ne ammette un solo, che tende sempre all' equilibrio dei corpi, e produce diversi effetti quando è *in più* od *in meno*. Dufay e quindi Symmer, ne immaginarono, e la maggior parte de' fisici francesi ne riconoscono due che hanno grande tendenza a combinarsi per essere in equilibrio, ma che si separano in diverse guise e per tal maniera danno origine a diversi fenomeni.

180. L' ipotesi delle ondulazioni ossia delle vibrazioni è stata immaginata da Descartes, e perfezionata da Huyghens ed Eulero. Essa era stata quasi interamente abbandonata, quando venne a giorni nostri rinnovata dai lavori dei Sigg. Young, Arago, e Fresnel, i quali, principalmente rispetto a la luce, le hanno fatto acquistare il più alto grado di probabilità, pel modo facile onde se ne son serviti a spiegare tutt' i fenomeni. In questo sistema basta supporre un solo fluido imponderabile per la spiegazione di tutt' i fenomeni della luce, del calore, dell' elettricità e del magnetismo. Questo fluido sta diffuso universalmente, e, nello stato di riposo, non manifesta la sua presenza; ma appena vien messo in movimento di maniera che possa eseguire vibrazioni di diverso genere, divien capace di produrre diversi effetti, e si propaga comunicando i suoi movimenti a le particelle circostanti di questo medesimo fluido. Per tal maniera si considera un corpo caldo o luminoso come un centro di vibrazione di diversi ordini, affatto simile ad un corpo sonoro, e la trasmissione della luce e del calore, come propagazione di questi movimenti mercè l'etere universalmente sparso, come appunto abbiam veduto il suono propagarsi pel frammezzo dell' aria e degli altri corpi. Dippiù, si può supporre che quest'etere varia per situazione e per intensità, che non sempre sta in equilibrio coi corpi, e con ciò si può rendere ragione di tutt' i fenomeni dell' elettricità e del magnetismo, siccome nel sistema di Franklin. Si può anche supporre che quest' etere, che di già è servito a la spiegazione della luce e del calorico, sia composto di due fluidi, la cui combinazione determina lo stato di riposo, ma il cui isolamento, e separazione, producono diversi fenomeni

di movimento, di attrazione e di ripulsione. In questo caso si partecipa interamente la teorica di Symmer.

181. Questi sono i due sistemi che dominano su la maniera di agire dei fluidi imponderabili, sistemi de' quali ciascuno ha i suoi proseliti e difensori fra i fisici moderni. Il primo, quello dell' emissione, fino ai nostri ultimi tempi era il più universalmente adottato, e pareva prendere affatto il di sopra; esso rendeva conto de' fenomeni osservati in maniera soddisfacente; veniva insegnato esclusivamente ne' corsi e nelle opere elementari, di guisa che esso solo era conosciuto dagli studiosi e da le persone che non avevano approfondito lo studio della scienza. Il secondo, il sistema delle vibrazioni, ha nuovamente meritata l' attenzione dei dotti per le scoperte dei fisici moderni, che al presente l' hanno renduto il più probabile ed il più semplice. Questa ipotesi sola comprende i fenomeni in tutta la lor generalità, li calcola, li prevede; essa sola sopratutto può spiegare il singolare effetto della luce doppia che produce l' oscurità, effetto ch' è conseguenza della teorica delle vibrazioni, e che non si saprebbe spiegare in quella dell' emanazioni. Finalmente, se la teorica chimica della combinazione del calorico coi corpi vien necessariamente modificata in questo sistema, dappoichè non più l'accumulazione, ma i soli movimenti del fluido producono i fenomeni del calore, constituisce forse ragione sufficiente a far rigettare un ipotesi che da se sola spiega tutti i fenomeni luminosi, sopratutto dopo le possenti obiezioni elevate contra il calorico combinato da le sperienze dei Sigg. Dulong e Petit? Dobbiam noi rigettare la sua applicazione al calorico, quando in modo diverso essa spiega i medesimi effetti, quando principalmente i fenomeni della luce e del calore stanno uniti con legame indissolubile, quando gli veggiamo per così dire trasformarsi gli uni negli altri, quando infine quest' ipotesi scioglie tutte le difficoltà della teorica della luce?

182. Tutti gli autori che hanno trattata la fisica nelle opere elementari hanno adottato il sistema dell' emanazioni, come quello che meglio materializza i fenomeni e ne rende più facile la spiegazione; ma molti han confessato di aver ciò fatto non perchè lo risguardassero più probabile; anzi uno di essi, dopo aver paragonato, come noi abbiam fatto, i due sistemi in generale, conviene che taluni fenomeni luminosi non trovano affatto spiegazione nel sistema dell'emanazioni. La maniera onde si rende con-

to de' fenomeni nel sistema delle vibrazioni, e questo sistema stesso, non potrebbono dunque esser conosciuti da la classe dei leggitori, cui noi ci dirigiamo; ed appunto per riempire questo vòto nella loro istruzione, per metterli a caso di giudicare del merito delle due opinioni, abbiam tentato, in questo saggio su i fluidi imponderabili, di esporre tutt' i fenomeni che presentano riferendoli a questa ipotesi. Non tocca a noi di sciogliere la quistione in presenza delle nostre guide e de'nostri maestri, ed annunziare l' opinione che adottiamo come la sola fondata. Ma ci è permesso di seguitare i passi dei Sigg. Arago e Fresnel; ci è permesso di esporre le loro scoperte. D'altra parte non avremo noi renduto un servizio utile, popolarizzando, per così dire, un sistema che non si trova esposto in nessuna parte a la foggia elementare e compiuta, un sistema che non altrimente si può conoscere, se non istudiando gran numero di Memorie e di opere separate? Compiremo la sposizione delle novelle scoperte, e dimostreremo la scienza tal quale si trova ora realmente, trattando contemporaneamente dell' elettricità e del magnetismo, la cui identità vien generalmente ammessa, senza che però si sieno compiutamente considerati rispetto a questo punto di veduta.

È nostro piano lo esporre in pochi fogli le generalità dei fenomeni di ogni genere che offrono i fluidi imponderabili, secondo abbiam fatto in istudiare gli altri corpi; basta dire che riuscirà impossibile il dare i particolari delle sperienze e dei calcoli che hanno servito di fondamento a la teorica; però, noi assumiamo l'impegno di nulla asserire che non si possa ragionevolmente dimostrare.

Così stando la cosa, divideremo lo studio de' fenomeni imponderabili in tre categorie. Nella prima esporremo i fenomeni del calore; vedremo se sia il prodotto dello stesso fluido che produce la luce; se l'accompagna assai spesso, e se le si dimostra identico: i suoi effetti su i corpi sono di altr' ordine, ed importanti abbastanza per motivare questa separazione. Di fatti, nello studio del calorico, rileveremo piuttosto le modificazioni che imprime ai corpi, anzichè la sua maniera di agire. Nella seconda parte passeremo successivamente in rivista tutt' i fenomeni della luce diretta, inflessa, riflessa, refratta, polarizzata; seguiteremo dunque il fluido luminoso nel suo cammino, nelle modificazioni cui soggiace; su lui specialmente fisseremo la nostra attensione; e quì naturalmente cadrà lo sviluppamento della teorica. Finalmente nella terza parte c' ingegneremo a fare

intendere, come mai da una medesima sorgente scaturir possano i fenomeni tanto complicati e diversi, che si chiamavano per lo passato *elettrici*, *galvanici*, e *magnetici*, e che oggi sotto il nome di *elettro-magnetici* van compresi.

CAPITOLO PRIMO.

CALORICO.

183. Abbiam veduto che si può dare la spiegazione di tutt' i fenomeni del calore mediante due differenti ipotesi. In una si suppone un fluido sparso universalmente, e che dà luogo a la produzione de' diversi effetti che si attribuiscono al calorico, quando eseguisce taluni movimenti; nell' altra anche si suppone l' esistenza di un fluido, ma che in talune circostanze, sotto l' influenza di talune cagioni, abbandona i corpi ne' quali si accumula, e produce i fenomeni di freddo e di caldo. Questo fluido tende sempre a mettersi in equilibrio. Questi due sistemi rendevano ugualmente ragione dei fenomeni della produzione e della propagazione del calore in maniera soddisfacente, fino a questi ultimi tempi, in cui alcune sperienze de' Sigg. Dulong e Petit tendono a stabilire la loro analogia con taluni fenomeni galvanici od elettrici. Il sistema dell' emissione forse sembrava adattarsi a le spiegazioni anche con maggior semplicità, e come tale si avrebbe meritata la preferenza, se l' identità della luce e del calorico, dimostrata da tanti fenomeni, non avesse sostenuto quello delle ondolazioni. Gli scienziati han parteggiato altre volte anche un'altra ipotesi intorno a la cagione del calore. Si opinava che potesse essere il prodotto di un movimento intestino e vibratorio delle melocole dei corpi; ma questo sistema, che sembra combattuto da osservazioni dirette, è stato ora generalmente abbandonato. Appena in Germania conta qualche proselito.

Che che ne sia non ci fermeremo di vantaggio su tali idee teoriche, che producono soltanto leggerissime differenze nella spiegazione dei fenomeni, e d'ora in poi ci limiteremo a lo studio di questi, fatta astrazione da la cagione che li produce.

184. Già abbiam dovuto dare alcune nozioni generali su gli effetti del calorico; abbiam veduto che contrabilanciando l' energia dell' affinità e dell'attrazione, esso manteneva tutt' i corpi nello stato abituale in cui li vediamo, ma che quando addiviene soprabbondante produce tutt' i muta-

menti di stato che si osservano nei corpi, e li fa successivamente passare da lo stato solido a lo stato liquido e dallo stato liquido al gassoso, come anche diminuendone l'intensità li riconduce a la liquidità ed a la solidità. Offre esso anche questo effetto generale negl' intervalli che separano i diversi mutamenti di stato dei corpi, che accumulandosi, li dilata, cioè allontana le loro molecole, e diminuendosi li restringe val dire che ravvicina le loro molecole, fenomeni che si debbono considerare quali gradazioni del passaggio dall' uno nell' altro stato. Abbiamo già studiate le leggi di questa dilatazione e restrignimento ne' corpi solidi, liquidi e gassosi, e le abbiam vedute servire all' invenzione di molti instrumenti atti a misurare l' intensità del calore e le variazioni di temperatura, come pirometri, termometri a liquidi ed a gas; abbiam fatto conoscere cosiffatti intrumenti, non che la loro costruzione e le loro applicazioni diverse. Or sarebbe inutile a ritornare su questo genere di azione per parte del calorico, e richiamare nuovamente l' attenzione su i mutamenti di stato e di dimensione dei corpi: queste nozioni le abbiam date ne' capitoli che trattano delle proprietà particolari di ciascuno stato che assumono i corpi, perchè quello abbiamo creduto essere il loro posto, ed ivi rimandiamo il leggitore.

185. Quanto ci resta a dire intorno al calorico verrà diviso in tre sezioni: faremo in primo luogo conoscere le leggi e le circostanze della formazione e dello sviluppamento del calore, ed indicheremo le sue principali sorgenti; studieremo in seguito la maniera onde si propaga ne' diversi corpi, tanto in distanza per irraggiamento, quanto da vicino per contatto; finalmente, trattando della capacità de' corpi pel calorico, farem conoscere che cosa s' intende per *calorico latente o specifico*, ed indicheremo i principali metodi mediante i quali si misura questa porzione di calorico insensibile ai nostri organi, insensibile al termometro, che generalmente vien risguardato come combinato coi corpi.

SEZIONE PRIMA.

Produzione e sviluppamento del calore.

186. La sorgente principale del calore a la superficie del nostro globo sembra essere il Sole: sia che ci slanci o ci trasmetta realmente raggi calorifici, sia che i suoi raggi acquistino proprietà calorifiche attraversando gli strati atmo-

sferici, come hanno opinato molti scienziati, e come parrebbe forse indicarlo a prim' occhio la considerevole diminuzione di calore che si sperimenta a misura che si ascende nelle regioni superiori dell' aria, il Sole almeno è la cagione apparente che mantiene la temperatura ordinaria dei diversi luoghi della superficie della terra; cosicchè di qualunque maniera agisca su i corpi, o direttamente od indirettamente, non si può dubitare ch'esso non sia la cagione reale dei differenti stati ne' quali ordinariamente ci si presentano, poichè veggiamo questi corpi mutare stato, val dire da liquidi o gassosi diventare solidi, oppure per lo contrario da solidi o liquidi diventare gassosi; poichè veggiamo la loro temperatura seguire esattamente le fasi del Sole, essere tanto più considerevole per quanto più lungo tempo resta sull' orizzonte e per quanto i suoi raggi vengono ricevuti più perpendicolarmente, in una parola essere tanto minore per quanto più si allontana dall' equatore e si avvicina ai poli.

187. Le leggi della distribuzione del calore secondo i climi e le stagioni, le numerose variazioni di temperatura, il calore particolare del globo, che si dice *calore centrale*, appoggiato e combattuto nel tempo stesso da nomi imponenti, e che sembra anche sostenuto da osservazioni dirette, offrono numerose quistioni curiosissime e della più grande importanza; ci spiace vivamente che non possiamo disaminarle, senza allontanarci dall' obbietto speciale del nostro studio: cosiffatte quistioni appartengono a la storia naturale, a la geografia fisica ed a la metereologia; quànto a le altre sorgenti del calore; ci limiteremo ad indicarle ugualmente in poche parole.

188. Una fra le cagioni che promuovono lo sviluppamento del calorico con maggiore intensità, e si può fin dire con maggior violenza, è il fuoco: con questo vocabolo si vogliono intendere ora tutti insieme i fenomeni del calore, di cui allora addiviene quasi sinonimo, or solamente quelli della combustione, la quale non consiste in altro se non in una combinazione, del pari che ogni combinazione non è se non combustione; i chimici si esprimono benissimo dicendo che ogni corpo combinato si chiama sovente bruciato (1). Si acquisterebbe ben falsa idea della combustione e del fuoco se si risguardassero come cagioni di distruzione e di annientamento; dappoichè sono contemporaneamente benanco cagioni di produzione: la combustione

(1) Basta qui dire che si chiama corpo bruciato quello soltanto combinato coll' ossigeno. T. R.

dunque altro non è se non mutamento di combinazione fra i corpi. È opinione generalmente adottata fra i chimici intorno a quel che accade in ogni combustione ossia in ogni combinazione, che ciascun composto, nella sua composizione ammette differente quantità di calorico, ed in circostanze uguali i liquidi ne ammettono più de' solidi, ed i gas più de' liquidi; per conseguenza, a parlar con esempio, ogni qualvolta in una combinazione un corpo passa da lo stato gassoso in altro stato in cui contiene meno calorico (e questo accade nella maggior parte delle combinazioni che abbiamo occasione di osservare più frequentemente, a cagione della combinazione dell'ossigeno dell'aria) vi debb'essere, secondo questi principj, grande sviluppamento di calorico; con ciò si spiegano tutt' i fenomeni del fuoco, e le produzioni del calore o del freddo che si osservano nelle combinazioni: dappoichè fa intendere questa spiegazione che in talune circostanze dovrà aver luogo assorbimento piuttosto che sviluppamento di calorico, ed in questi casi freddo non già calore verrà prodotto. La teorica della combustione appartiene a la chimica; ma le idee che si ha generalmente intorno al fuoco sono tanto false che noi abbiam dovuto adoperarci a rettificarle, offrendole sotto il vero punto di vista. Dobbiamo del resto dire che un bel lavoro de' Sigg. Dulong e Petit sul calorico combinato li ha condotti a presumere che l'opinione intorno a lo sviluppamento del calorico nell'atto della combustione potrebbe essere erronea, e che questo sviluppamento sia piuttosto analogo all'ignizione senza combinazione, a cui il Sig. Davy ha suggettato il carbone mediante particolare azione elettrica. Tal maniera di risguardare i fenomeni merita la più seria attenzione degli scienziati, dappoichè può essa mutare tutta la teorica chimica, e può valere per isciogliere la quistione intorno a la natura del calore.

189. Comunque si sia, egli è inutile insistere su le numerose applicazioni del calore e della combustione nelle arti economiche ed industriali. Se l' alta temperatura che si ottiene da la combustione di diverse sostanze, come legna, carbone, carbon fossile, gas infiammabili, è poca cosa nelle società umane, nondimeno il fuoco è uno de' più energici agenti di cui si possa far uso: quindi viene universalmente usato non solamente nelle nostre camere a fine di profittare del calore che produce, non solamente nelle arti chimiche in cui favorisce le combinazioni, e nelle nostre cucine ove opera veri mutamenti chimici; ma benanche nella maggior parte

delle arti industriali, in cui abbisogna considerevole forza motrice, oppure ove bisogni fare sperimentare ai corpi modificazioni soltanto in talune delle loro proprietà fisiche, tal che nella durezza, solidità, duttilità, fusibilità, ec.ec.

190. Molti fra gli esseri che ci circondano, e noi medesimi, sotto la temperatura ordinaria che regna a la superficie della terra, siamo sorgenti di calore; vale a dire che la temperatura particolare del nostro corpo è generalmente più elevata di quella de' corpi circomposti; e per conseguenza noi li riscaldiamo continuamente a spese nostre. Sembra che in generale attribuir si possa questo calore animale a le numerose combinazioni che succedono ne' corpi viventi, specialmente nell' atto della respirazione; è questo uno de' più bei soggetti di ricerche che si possano eseguire, ma richiede i soccorsi della fisica, della chimica e della fisiologia.

191. Vi sono cagioni che sviluppano il calorico in modo affatto meccanico; per es., stropicciando vivamente due corpi l' un contro l' altro, subito si veggono infiammarsi, comprimendo fortemente un corpo, o con urto violento ed istantaneo, come quando si batte una pietra focaia con corpo durissimo, o per compressione istantanea, come quando si preme l' aria nel fucile pneumatico, ugualmente si produce l' ignizione. Stando all' ordinaria maniera di risguardare il calorico, si capisce che, in questi fenomeni, le molecole dei corpi ravvicinandosi o modificandosi subitamente di maniera che non possano contenere il calorico che stava interposto tra esse, questo vien messo in libertà e si precipita sur i corpi che incontra; se la quantità di calore sviluppato per questa maniera è bastevo'mente considerevole i corpi potranno entrare in ignizione. Senza volerci impegnare a combattere questa opinione faremo osservare che gli stessi mezzi meccanici che sviluppano calore in gran numero di circostanze sviluppano anche elettricità.

192. Finalmente i fenomeni elettrici offrono molte circostanze in cui il calore viene sviluppato con molta intensità ed energia, anzi non evvi fuoco che per violenza si possa paragonare al fulmine. Noi ne imitiamo gli effetti mediante le scariche delle nostre batterie elettriche e le correnti delle nostre pile galvaniche. Generalmente questi fenomeni venivano attribuiti a la medesima cagione, cui si attribuiva il calore che si svolge per compressione, ma parrebbe che tali spiegazioni dovessero molto modificarsi, secondo le nuove idee di taluni scienziati intorno al vincolo

dell' elettricità e del calorico : è impossibile discutere in un'opera elementare come è questa siffatte opinioni; la sola esposizione della scienza constituisce di già vasta materia da esaurire ; ma queste cose sono almeno novelle pruove dell'analogia tuttavia ignorata o mal definita di questi due agenti.

SEZIONE II.

Propagazione del calorico.

193. Il calore tende continuamente a mettersi in equilibrio in tutt' i corpi ; cosicchè ogni qualvolta uno è più freddo di quelli che lo circondano , tramanda od assorbisce calore , per livellarsi a la loro temperatura ; ma come si opera questa reciproca trasposizione di calorico ? Per l' intermezzo forse delle molecole dell'aria o degli altri corpi che separano quelli , la cui temperatura è differente , val dire *per contatto ?* Ovvero in distanza, come appunto ci perviene il calore del Sole, val dire *per irraggiamento?* In ultimo, i corpi godono al medesimo grado della proprietà di trasmettere il calore , o, se altrimenti accade , quali regole si sono riconosciute nella propagazione del calore tanto per contatto, che per irraggiamento, ne' differenti corpi ? Ecco le quistioni che ci si offrono ad esaminare.

194. Quando due corpi sono di differente temperatura, il più caldo cede il suo calorico al più freddo , tanto per trasmissione di raggi calorifici che per propagazione di parte in parte, di maniera che dopo più o men lungo tempo i due corpi si trovano in equilibrio di temperatura. Per ora consideriamo soltanto il riscaldamento per contatto , che vien dimostrato dall' abbassamento e dall'ascensione istantanea del termometro , da la sensazione di freddo e di caldo che in noi promuovono i differenti corpi. Di fatti se s' immerge la palla di un termometro in un liquido caldo, il calorico del liquido subito si comunica al corpo in contatto con essa , ed il termometro indicherà effetto molto più grande che se si fosse semplicemente esposto al calorico raggiante di questo liquido. Un effetto analogo si presenterà se s'immerga in liquido più freddo; in questo caso il calorico del termometro si effonderà nel liquido fintantocchè non si stabilisca l' equilibrio di temperatura. Parimente, perchè mai in contatto di taluni corpi sperimentiam noi la sensazione di caldo o di freddo ? Gli è perchè questi corpi avendo in quell' istante temperatura più alta o più bassa della nostra , il

contatto stabilisce una comunicazione in virtù della quale noi sottragghiamo calorico al corpo che tocchiamo, se la sua temperatura è più alta della nostra, e glie ne rifondiamo s'è minore. L'abitudine modifica anche singolarmente le nostre sensazioni su questo risguardo; ci pare che la temperatura del mezzo che ci circonda da qualche tempo sia uguale a quella del nostro corpo, a meno che la differenza non sia molto considerevole; e quest'abitudine modifica la nostra maniera di vedere quando risentiamo un diverso grado di calore; ecco perchè la temperatura dei sotterranei, che si mantiene presso a poco costante, ci sembra fredda in està e calda in inverno.

Ma perchè proviamo sensazione di calore o di freddo più vivo in contatto di certi corpi, che in contatto di altri, quando il termometro nessuna differenza di temperatura più indica, vale a dire quando questi corpi si trovano a temperatura uguale? Questo effetto dipende da la maggiore o minore facoltà conduttrice di tali corpi, facultà che offrendo molte variazioni è presso a poco uguale a la densità. È questa la ragione perchè risentiamo sensazione più grande di freddo afferrando un pezzo di ferro che afferrando un pezzo di legno, perchè il ferro conduce il calore meglio del legno; ciò resterà meglio rischiarato quando studieremo le leggi della comunicazione del calore ne'corpi.

195. La durata del riscaldamento o del raffreddamento di un corpo, mercè il contatto, dipende da la facoltà conduttrice delle sostanze che gli trasmettono il freddo od il calore; e siccome i corpi grandemente differiscono rispetto a ciò, si son distinti in *buoni* ed in *cattivi* conduttori del calorico: del resto questa comunicazione è sempre molto lenta e poco considerevole, decresce rapidissimamente allontanandosi dal centro del calore. Si avrà di ciò idea ponendo mente che sarebbe impossibile innalzare di un grado la temperatura all'estremità di una spranga di ferro lunga una tesa, se anche si applicasse all'altra estremità il più intenso fuoco; questa estremità si fonderebbe prima che l'altra si riscaldasse sensibilmente. Ciò non pertanto la maggior parte dei metalli vanno enumerati fra i buoni conduttori, perchè godono di questa proprietà in più alto grado degli altri corpi: l'oro e l'argento sono i migliori conduttori, il piombo ed il platino sono i più cattivi fra i metalli. In altre sostanze, tal che il legno, il carbone, la lana, questa proprietà è quasi nulla. Cui mai è ignoto che si può tenere in mano un cortissimo pezzo di carbone o di

legno mentre brucia in una delle sue estremità ? Accade lo stesso per la maggior parte delle stostanze liquide e gassose; ma sembra che queste tanto meglio conducano il calore, per quanto sono più dense.

196. Sovente riesce difficilissimo il valutare esattamente la facoltà conduttrice dei liquidi e dei gas, per la ragione che in siffatti corpi l'effetto è quasi sempre complicato per l' estrema mobilità delle loro molecole: dacchè una porzione della massa è riscaldata o raffreddata, e per conseguente dilatata o ristretta, muta luogo e con ciò produce correnti; or questi movimenti comunicano a la massa la nuova temperatura, molto più rapidamente di quello che avrebbe fatto il semplice contatto delle molecole. Queste correnti si stabiliscono discedenti se il corpo si raffredda, ed ascendenti se si riscalda; esse sembrano essere la cagione dell'eccessivo freddo che regna nelle alte regioni dell' atmosfera: il Sig. Arago il primo ha dato tale spiegazione, che rende perfettamente ragione del fenomeno.

197. Abbiam veduto che tutt' i corpi non conducono ugualmente bene il calorico, per tal ragione dunque si riscaldano e si raffreddano inegualmente ed in tempi ineguali; l' estensione della loro superficie, rendendo diverso il numero delle molecole in contatto, modifica possentemente questa durata. Vedremo accader lo stesso pel calorico acquistato o perduto per irraggiamento, vedremo dippiù che lo stato ed il colore di tal superfie sono una seconda cagione che influisce moltissimo sul tempo necessario per mettere un corpo in equilibrio di temperatura; di maniera che non solo ogni corpo irradia il calorico in differente maniera, ma ben anco lo stato della superfie induce novelle variazioni.

I corpi più levigati assorbiscono minor quantità di calorico, ma sono anche quei che meno ne rimandano, e può dirsi in generale che queste proprietà sono sempre correlative; da ciò segue che questi corpi debbono riscaldarsi e raffreddarsi molto lentamente. Le superficie scure e nere, per lo contrario, assorbiscono la più gran quantità di calore, ma ne irraggiano anche dippiù, di maniera che si riscaldano e si raffreddano molto rapidamente; ben si comprende in quante guise si possano applicare queste cognizioni nelle arti meccaniche, e quanto debbano servire sia a calcolare il calore degli abiti, che una quantità di altri effetti. Lo stato della superficie muta totalmente le proprietà raggianti di un corpo; cosicchè annerendo ed scurando i corpi più levigati, si aumenta enormemente la facoltà di assorbire e di emettere

il calore. Il termometro differenziale del Sig. Leslie fa rilevare i più piccoli irraggiamenti del calore di due corpi: questo instrumento che serve soltanto ad indicare le differenze di calore, e che perciò s'è chiamato *termoscopio*, vien rappresentato da la *fig.* 50; due cannelli sono pieni di aria, ma un piccolo cilindro di acido solforico, che nello stato di riposo è situato in mezzo al cannello orizzontale, impedisce che comunichino; il menomo mutamento di temperatura prodotto in una delle due palle dilata l'aria interiore, e per conseguenza fa progredire l'acido solforico.

198. I corpi pel loro reciproco raggiare in ogni verso, mantengono e ristabiliscono perpetuamente l'equilibrio di temperatura. Di fatti, quantoppiù un corpo è caldo, irraggia maggior quantità che non ne riceve; debbe dunque raffreddarsi fino a tanto che non sia arrivato al medesimo grado di calore; se esso è più freddo, tutt'i corpi circostanti gli comunicano più calore e meno ne ricevono, e l'equilibrio viene ugualmente subito ristabilito; finalmente la temperatura si mantiene uguale per lo scambio reciproco di calore che accade fra tutt'i corpi; ma se ve ne sieno alcuni che si trovano situati di maniera che irraggiano senza riceverne, è evidente doversi essi raffreddare; questo accade ne' corpi situati a la superficie della terra, in tempo di notte, quando il tempo non è coperto, ed in tal modo si produce la brina e la ruggiada. Questa spiegazione di un fenomeno giornaliero data dal Sig. Wells, constituisce una fra le più belle applicazioni della teorica dell'irraggiamento; dessa dimostra in qual maniera un velo leggiero basta per riparare le piante dai funesti effetti delle mattutine gelate.

199. Il calor raggiante segue assolutamente il medesimo andamento, ed è suggetto a le medesime modificazioni della luce: perciò ci limitiamo a le semplici loro enunciazioni. Qui comparisce in tutta la sua evidenza l'identità di questi due principi che sembrano prodursi e modificarsi l'un l'altro, che veggiamo suggetti a le medesime leggi; di fatti il calorico si riflette come la luce a la superficie dei corpi levigati, facendo l'angolo di riflessione uguale all'angolo d'incidenza; al pari della luce si concentra al fuoco de' specchi di riflessione ed al fuoco delle lenti; dunque, siccome la luce, è suggetto a la refrazione, e, come questa, presenta il fenomeno della dispersione nello spettro solare. Studieremo in prosieguo questo fenomeno importante; per ora ci limitiamo a dire che vi sono raggi calorifici invisibili al di là del rosso, e che l'intensità del calorico va di continuo

diminuendo nello spettro a partire da la or cennata estremità, fino al raggio violetto. Finalmente ha recentemente dimostrato il Sig. Berard che il calorico, anche interamente oscuro, siccome la luce, è suggetto a la doppia refrazione ed a la polarizzazione; ed anche più recentemente il Sig. Arago ha riconosciuto ch' esso offre i medesimi fenomeni d' interferenza, vale a dire di distruzione per doppia riunione in un medesimo luogo.

200. Non dobbiamo ommettere un altra osservazione sull'andamento del calorico, e consiste in ciò che quello che accompagna la luce, al par di essa, attraversa liberamente i corpi diafani. Il Sig. Delaroche ha dimostrato che lo stesso accade pel calore somministrato da intenso fuoco, mentrechè il calore inferiore a la temperatura dell' acqua bollente vien trattenuto; finalmente sperienze dilicate gli hanno fatto riconoscere che questo passaggio del calore a traverso i corpi aumenta a misura che si va vicino al punto in cui il corpo caldo diviene luminoso, come se il calorico, a principio, fosse composto di molecole più dense della luce, come se fosse prodotto da ondolazioni troppo lente per propagarsi a traverso de' corpi diafani, e per dare la sensazione della luce, come appunto abbiam vedute le vibrazioni dell' aria, quando non sono al numero di trentadue per secondo, produrre movimenti manifesti, ma non dare all' orecchio sensazione di suono: verificheremo questo fatto in appresso, quando sarem pervenuti a misurare la lunghezza delle ondolazioni luminose.

SEZIONE III.

Calorico latente ossia specifico, capacità dei corpi pel calorico.

201. Secondo la maniera ordinaria di risguardare l' azione del calorico ne' fenomeni chimici, s' intende che i corpi, secondo la loro composizione e 'l loro stato, sono suscettivi di contenere quantità differente di calorico; questa differenza di calore, che nello stato ordinario è insensibile al termometro, ma che ricomparisce tostochè il corpo muta stato o combinazione, si chiama *calorico specifico latente*, oppure *calorico combinato*; e la proprietà che hanno i corpi di abbisognare di differenti quantità di calorico per restare nel medesimo stato, si chiama *capacità pel calorico.*

Trattando dello stato di aggregazione dei corpi abbiam veduto, che l'effetto dei mutamenti di temperatura è di aumentare o diminuire il lor volume, e ch'essi offrono termini differenti, ma sempre costanti, al di là de' quali addivengono solidi, liquidi o gassosi; nella fusione e nella gassificazione abbiam riconosciuto il seguente fenomeno singolare, cioè che questo limite nella temperatura di un corpo non può essere oltrepassato fino a tanto che la massa intera non muti stato; sembra che in questo caso tutto il calorico aggiunto si adoperi a liquefare od a vaporizzare i corpi. Or ci resta far conoscere qual sia la quantità di calorico assorbita in questi mutamenti di stato o di combinazione.

202. Sappiamo in primo luogo che i liquidi contengono maggior quantità di calorico de' solidi, i gas più dei liquidi. Un corpo non passerebbe a questi nuovi stati se gli mancasse la necessaria quantità di calorico; perciò il ghiaccio per addivenir liquido, val dire per convertirsi in acqua richiede 75° di calore, dappoichè se si rimescola insieme un chilogrammo di ghiaccio a 0° ed un chilogrammo di acqua a 75° si avranno due chilogrammi di acqua a 0°. La quantità di calorico bisognevole per la gassificazione è molto più considerevole, anzi è enorme; e ciò non debbe arrecar meraviglia, dappoichè il volume, in questo caso, aumenta in proporzione enorme. Si calcola che il calorico bisognevole a far passare l'acqua a lo stato di vapore eguaglia 5 volte e $^1/_2$ quello che abbisogna per farla innalzare da 0° a 100°. Da cosiffatti esempi che si ripetono per gli altri corpi con diversi numeri, ma nel medesimo senso, si può giudicare qual quantità di calorico venga assorbita, renduta latente nella fusione, e soprattutto nella gassificazione de' corpi. Questa osservazione serve per ispiegare moltissimi fenomeni naturali; ma questo calore non rimane mica distrutto, vien soltanto momentaneamente occultato: il ritorno del corpo al suo stato primitivo lo farà ricomparire, ciò che vien dimostrato da moltissime sperienze. Il calorico che si sviluppa per compressione e specialmente nel fucile pneumatico, si può considerare come effetto analogo; ravvicinando le molecole, si aumenta la forza di attrazione a spese del calorico: di questo una porzione diviene inutile e per conseguenza libero, e si diffonde su i corpi circomposti. Il fucile che abbiamo menzionato è un cilindro di metallo o di vetro; comprimendo istantaneamente l'aria che vi si contiene mediante uno stantuffo, si accende un pezzo d'esca situato nella capsula di questo.

203. Del calorico specifico propriamente detto, di quello ch' è bisognevole ai corpi secondo la lor combinazione, non se ne può rigorosamente determinar la quantità, poichè non posseghiamo alcun corpo che ne sia interamente sprovveduto, ed è probabile che effettivamente nessuno si trovi in tal caso; questa quantità di calorico dunque può soltanto determinarsi di maniera relativa, paragonando la quantità che ciascun corpo sotto dato volume ne assorbisce o ne perde pel variare della temperatura di dato numero di gradi; per tal maniera si riconosce che ne' corpi omogenei, il calore si distribuisce uniformemente, dappoichè mescolando un chilogrammo di acqua a 0°, ed un chilogrammo di acqua a 60°, si ottengono due chilogrammi a 30°; ma se si fa un mescuglio di corpi differenti non si otterrà più il medesimo risultamento: si osserverà che ciascun corpo ha diversa capacità pel calorico, val dire richiede differentissime quantità di calore per variare di un medesimo numero di gradi; per es., se si mescola un chilologrammo di acqua a 34° con un chilogrammo di mercurio a 0°, il termometro immerso nel mercurio indicherà 33°, il calorico specifico del mercurio dunque è $^1/_{33}$ di quello dell' acqua, che generalmente si prende a termine di paragone per tutti gli altri corpi.

204. I fisici hanno inventato diversi mezzi per misurare questa quantità di calore; ma moltissime cagioni di errore rendono molto difficile la valutazione rigorosa de' risultamenti. Si è già veduto che mercè de' mescugli si può conoscere il calore specifico; ma generalmente si adopera il metodo di Lavoisier e de Laplace, che consiste nell'usare il *calorimetro*. Quest' instrumento, *fig.* 51, è composto di tre cavità; una interiore destinata a contenere il corpo, vien constituita da una specie di rete; un intermedia, che si riempie di ghiaccio pestato a 0°; la rete la separa da la cavità interna, ed un sepimento sottile la divide da la terza cavità; un robinetto serve a vòtarla; la cavità esteriore serve per contenere ghiacchio pestato anche a 0°, il cui officio è d' impedire la influenza dell' aria ambiente; si vòta anche mediante un robinetto. In questo metodo, la misura della capacità del calorico è fondata su la determinazione della quantità di ghiaccio fuso da ciascun corpo. Ben si comprende di fatti che se si mette nella cavità interna un corpo la cui temperatura sia al di sopra di 0°, esso farà parte della sua temperatura al ghiaccio che sta a contatto con esso, e lo farà fondere, dappoichè lo trova a la temperatura di 0°: raccogliendo il prodotto della fusione, sarà

facile dedurre la quantità di calorico somministrata dal corpo. Con siffatte differenti maniere si è calcolato il calorico specifico della maggior parte de' corpi conosciuti: nelle opere di fisica più estese se ne possono riscontrare le tavole.

205. I Sig. Dulong e Petit, cui siam debitori di bellissime ricerche sul calore, adoperano un metodo diverso, fondato cioè sull' osservazione e sul paragone del tempo bisognevole al raffreddamento de' corpi. Pare che con questi mezzi eglino sieno arrivati a tal grado di precisione, cui per lo innanzi non si era giammai arrivato; e, combinando le loro ricerche fisiche con la teorica chimica degli atomi, sono pervenuti a questo importante risultamento, cioè che gli atomi di tutt' i corpi hanno la medesima capacità pel calorico, di maniera che questa capacità varia ne' diversi corpi soltanto perchè, sotto un medesimo peso, la quantità degli atomi è più o meno considerevole: ognun conosce di quanti risultamenti sia per esser feconda questa importante osservazione.

Quadro dei calori specifici di diversi corpi, quello dell'acqua essendo 1000, dei Sigg. Clément e Desormes.

Solidi.

Ghiaccio.	720
Antimonio	51
Argento	56
Rame	95
Stagno	95
Ferro, ferro fuso, acciaio.	112
Latta	90
Oro	30
Piombo	31
Zinco.	92
Zolfo.	188
Vetro	174
Mattoni	450
Legno	500

Liquidi.

Acqua	1000
Alcool	640
Oglio.	500

Sangue	1000
Latte.	1000
Mercurio	31
Acido solforico	340
Acido nitrico	570
Acido idroclorico	680
Soluzione satura di nitrato	646
Aria atmosferica	250

T. R.

CAPITOLO II.

LUCE.

206. Il senso del tatto, e quei dell'odorato e del gusto, che sono modificazioni del primo appropriati a taluni corpi, ci avvertiscono della presenza degli oggetti che stanno a contatto con gli organi nostri; l'udito ci fa percepire que' movimenti particolari dell'aria e dei corpi in virtù dei quali essi addivengono sonori; l'occhio ci fa conoscere gli obbietti da noi separati da grandi distanze, ce ne fa comprendere in un attimo le forme ed i contorni, ci avvertisce di particolari proprietà, per es. dei colori, che, senza di esso, ci sarebbono restati eternamente ignoti; sovente ci permette di avere la percezione di oggetti fra quali stanno interposti altri corpi; ci fa penetrare nell'immensità dello spazio per farcene rilevare l'ordine e la disposizione: è uno scrutatore esatto che oltrepassa per noi gli spazi, e va lontano ad informarsi delle proprietà e dello stato dei corpi per avvertircene con infinita prontezza. Che saremmo noi senza quest' organo ammirabile? Fra quali idee staremmo noi limitati se la percezione del nostro spirito non potesse più lontano estendersi della distanza in cui la nostra mano palpa i corpi? Noi fuori dubbio ci troveremmo ridotti ad una vita pressocchè vegetativa. Ma che penseremo noi del l'ingegno dell'uomo quando, approfittando delle scoperte degli scienziati sull'andamento della luce in taluni corpi, lo vedremo trovar maniera di rettificare i vizi degli organi nostri, e farli valicare spazi ne' quali pareva che natura ci avesse interdetto l'accesso?

Ma qual'è mai la materia che constituisce l'intermezzo fra gli obbietti ed il nostr' organo, che per tal maniera ci proccura la sensazione di corpi lontani? Qual'è mai la cagione della visibilità? È dessa una materia emanata dal

nostro occhio e che va ad abbracciare i corpi, come pensavano gli antichi? opinione che si confuta da se medesima; è forse, per lo contrario, come ha insegnato Newton, un' emanazione di particelle da parte del corpo luminoso od illuminato, oppure, secondo l' opinione della maggior parte de' fisici moderni, è un fluido sparso universalmente, che mercè di movimenti vibratori analoghi a quelli dell' aria quando ci trasmette il suono, produce i fenomeni della visione? Nelle nostre considerazioni generali sui fluidi imponderabili abbiam tentato dare un' idea della maniera di risguardare i fenomeni in queste due teoriche; e senza assolutamente rigettare quella delle emanazioni, abbiamo annunziato che adotteremmo l' altra delle vibrazioni, come quella che abbraccia l' universalità dei fenomeni, e ne rende conto senza fare frequenti supposizioni gratuite. Non ci fermeremo nuovamente a paragonare questi due sistemi, la cui scelta, non ostante che ambidue si prestino più o meno bene a la spiegazione dei fenomeni, non è indifferente; dappoichè, siccome osserva il Sig. Fresnel, un' ipotesi può possentemente contribuire all' avvanzamento della scienza, spiegando antecipatamente i fenomeni, dirigendo le sperienze verso un dato scopo; poichè, in secondo luogo, la teorica della luce essendo la stessa che quella del calore, può mutare totalmente la maniera di risguardare la maggior parte degli effetti chimici. Vedremo in primo luogo quanto facilmente la teorica delle vibrazioni spieghi la diversa intensità della luce, ed in questo capitolo, a misura che i fenomeni si presenteranno, riconosceremo la fecondità de' suoi risultamenti e delle sue applicazioni.

207. La luce, come anche l' oscurità, sono stati relativi agli organi nostri; noi siam dotati della facoltà di percepire gli obbietti, mercè degli occhi, soltanto quando la luce ha una data intensità; ma altri esseri possono avere altri limiti di visibilità; ed effettivamente la storia naturale ci offre mille esempi di animali che possono soffrire luce più intensa di quella che già incomoda i nostri sensi, ovvero che vedono con quantità di luce che a noi già sembra essere le più dense tenebre. Tali fenomeni non debbono maravigliarci, quando troviamo d' intorno a noi tante cagioni di movimento pel fluido etereo, ch' è quasi impossibile il suo riposo; e ben si comprende, che appena messo in moto, può produrre impressione sugli organi di taluni esseri. Del resto, questi fenomeni dell' intensità della luce, che non erano senza difficoltà nella teorica delle emanazioni, sono

conseguenza immediata di quella da noi adottata, e si spiegano in maniera assolutamente analoga a quella de' suoni uguali in velocità di trasmissione, ma ineguali d' intensità; così, come le onde sonore, non per variazioni nella loro lunghezza, nè nella durata delle vibrazioni, bensì nell' ampiezza delle oscillazioni ci han fatto rilevare tutti gl' intermedi a cominciare dai suoni i più deboli, fino al più forte rumore; del pari le onde luminose, per modificazioni simili, ci presenteranno tutte le immaginabili differenze d'intensità. Si comprende all' istante che un tal movimento oscillatorio potrà essere energico abbastanza per agire sopra un organo, mentrecchè la sua azione sarà nulla rispetto ad un altro: nel primo caso il suono si sentirà, il corpo si vedrà; nel secondo vi sarà oscurità, silenzio compiuto per l' essere dotato di quest' organo.

208. La luce a la superficie del nostro globo provviene da infinite differenti sorgenti; ma la più possente, quella d' immensa importanza nella maggior parte de' fenomeni, è il sole: ignoriamo qual sia la sua natura e la sua maniera di agire sul fluido etereo, ma sappiamo che appena apparisce sul nostro orizzonte, imprime al fluido che ne circonda un movimento in virtù del quale e 'l sole e tutt'i corpi che ricevono la sua influenza ci si rendono visibili; similmente quando quest' astro si abbassa al di sotto dell' orizzonte, al pieno giorno succede oscurità più o meno compiuta: novella pruova ch' è disparsa una possente cagione di produzione della luce.

Fra gli astri ve ne sono taluni, come la luna, i pianeti, i quali sono a noi visibili sol perchè ci tramandano la luce del sole; ma la maggior parte sembrano essere luminosi di lor natura, val dire dotati di proprietà analoga a quella del sole.

209. Queste sorgenti di luce sono generali, mentre le altre sembrano essere accidentali; ma esse seguono le medesime leggi; gli è perciò che le sperienze ed i ragionamenti si riferiscono indifferentemente a la luce solare ed a le diverse luci terrestri. Fra queste ultime, merita soprattutto di fissare la nostra attenzione quella che accompagna moltissime combinazioni di corpi. In una moltiplicità di operazioni chimiche, evvi produzione di luce e di calorico; i volcani ce ne offrono esempio naturale; il fuoco che mantenghiamo ne' nostri focolari, la luce che produciamo artificialmente per vedere, sono combinazioni chimiche, cagioni produttrici di calore e di luce.

210. Le aurore boreali, l'elettricità sono anche sorgenti di luce che agiscono in talune circostanze. Parecchi corpi, anche fra gli organizzati, sono naturalmente luminosi; tali son quelli che si chiamano *fosforescenti*. Chi non ha osservato la lucciola o verme lucente che pare una scintilla in mezzo ai campi? Chi non ha inteso vantare dai viaggiatori quelli insetti, veri lampioni viventi delle regioni de' tropici? Fra' corpi fosforescenti, taluni lo sono continuamente, altri acquistano questa proprietà soltanto ad intervalli, ed in talune circostanze. La maggior parte de' corpi stati esposti a viva luce divengono in seguito luminosi per più o men lungo tempo. I corpi bianchi sono quasi sempre visibili, sia per la gran quantità di raggi che riflettono, sia perchè sono fosforescenti. Finalmente l'urto, la compressione, lo stropiccio, siccome lo dimostrano molte sperienze, rendono luminosi i corpi che sembravano doversi più ostinatamente ricusare ad investirsi di tal proprietà.

Non possiamo negare la nostra ignoranza delle cagioni primitive di tutti questi fenomeni; ma dir dobbiamo che l'analogia sembra farli riferire ai fenomeni elettrici, della stessa guisa che abbiam veduto molti effetti calorifici doversi attribuire a le medesime cagioni. Forse stiamo prossimi al momento in cui si dimostrerà che i fenomeni luminosi ordinari dipendono dal medesimo principio, e per conseguenza che tutti questi effetti tanto singolari risultano dall'azione modificata di un solo fluido.

211. I corpi, relativamente a la luce, offrono notevolissime differenze; così gli uni, come il sole, i corpi che bruciano, spandono luce d'intorno a loro, val dire sono centri che mettono in moto il fluido etereo: questi corpi si chiamano *luminosi* per loro stessi. Altri rispingono tutta o porzione della luce che hanno ricevuta, val dire propagano il movimento vibratorio del fluido facendogli sperimentare varie modificazioni. Questi corpi si chiamano *illuminati*, e non sono visibili se non sono in presenza dei primi. Fra gli corpi illuminati taluni lasciano passare la luce in più o men grande quantità, tali sono i gas, la maggior parte de' liquidi, moltissimi cristalli, la maggior parte de' solidi, quando sieno bastevolmente assottigliati; questi corpi si chiamano *trasparenti* o *traslucidi*. Ma ve ne sono anche di quelli che oppongono ostacolo al passaggio della luce in tutto od in parte; essi sono i corpi *opachi*. Lo studio di queste diverse proprietà dei corpi

ha fatto riconoscere e spiegare tutte le circostanze del cammino della luce, che noi esporremo in sezioni separate.

212. Dopo aver così indicate sommariamente le cagioni e le sorgenti della luce; dopo aver fatta sentire tutta l'importanza di ben conoscere la maniera di agire di un essere che vivifica tutta la natura, senza del quale le nostre cognizioni sarebbono tanto limitate che ci riuscirebbe impossibile sovvenire ai bisogni della nostra esistenza, passiamo a studiare le leggi cui sta suggetto. L'ottica, che comprende quanto risguarda la luce diretta, la sua direzione, velocità nello spazio, constituirà obbietto di una prima sezione. Studieremo in seguito i fenomeni che presenta la luce che passa vicino a le estremità dei corpi, ed a traverso delle lamine sottili; ivi vedrem nascere da la teorica delle interferenze, che offre la spiegazione compiuta di questi fenomeni, e constituisce la base del sistema delle ondolazioni, le più forti probabilità a favore di questa ipotesi. Nella sezione seguente ne faremo applicazione ai diversi fenomeni che offre la luce, e così faremo la sposizione della intera sua teorica, ciò che ci faciliterà infinitamente la intelligenza delle particolarità, e ne abbrevierà lo studio. La catottrica, che comprende i fenomeni della luce riflessa a la superficie dei corpi, occuperà una quarta sezione: verrà in seguito la diottrica, il cui scopo è lo studio della luce refratta, val dire deviata dal suo corso naturale nel penetrare in vari mezzi. La cromatica, ossia la scienza de' colori, ch'è resultamento della luce riflessa o refratta, e spiega i fenomeni della colorazione dei corpi, constituirà obbietto di una sesta sezione; quindi seguirà la spiegazione dei fenomeni della visione e delle illusioni di ottica; la descrizione dell'occhio, i mezzi per rimediare ai difetti di vista. In un'altra sezione daremo idea dell'uso e della construzione de' principali instrumenti di ottica; finalmente termineremo questo capitolo con la sposizione dei fenomeni della doppia rifrazione e della polarizzazione della luce, che ora constituiscono estesissima porzione della luce, quasi interamente dovuta ai lavori de' fisici moderni.

SEZIONE PRIMA.

Luce diretta, ossia Ottica.

213. La luce, come il calorico, nel vòto od in mezzo di natura e di densità omogenei, si propaga costante-

in altri termini, che se la distanza è 1, la chiarezza sarà 1; se la distanza è 2, la chiarezza sarà 1/4; se 3, sarà 1/9, ec. Di là s'intende perchè i corpi sieno delle volte rischiaratissimi, delle volte appena visibili, delle volte affatto oscuri, almeno pe' nostri organi, dappoichè noi abbiamo fatto osservare che ciò che constituisce oscurità per noi è splendore per altri esseri.

Se a vece di considerare l'effetto di un fascetto di raggi, cerchiamo di rilevare quello che accader debbe ad uno stesso fascetto di raggi nella sua direzione nello spazio, troveremo in primo luogo che la sua intensità dovrà restare costante in un mezzo tanto elastico, quanto è l'etere luminoso, e più non ci arrecherà meraviglia la luce vivissima ch'emanano le stelle, per le quali non pertanto l'astronomia non trova alcun diametro sensibile, e che sono in distanza tale che si richiedono almeno trent'anni onde la luce delle più prossime arrivi fino a noi (1).

215. Altra possente cagione di diminuzione d'intensità della luce consiste nell'assorbimento che ne fanno tutti i mezzi, anche i più diafani, che attraversa, e tutt'i corpi, anche que' che son più capaci di rifletterla; ovvero, per esprimerci con maggiore esattezza relativamente al sistema delle vibrazioni, consiste nella cessazione maggiore o minore di moto che si opera nel riscontro de'corpi: perciò il sole sull'orizzonte sembra splendere men vivamente, perciocchè la luce attraversa strati di aria più estesi e più densi: perciò possiamo fissarvi l'occhio quando la nebbia si aggiunge all'ordinaria potenza estintiva dell'aria, oppure quando il nostro occhio si trova armato di lente che lascia passare soltanto porzione de' raggi: rispetto ai corpi che riflettono la luce si può osservare che, mediante riflessioni bastevolmente ripetute, anche su gli specchi più levigati, subito si arriverà ad estinguere compiutamente la luce. In tutte queste circostanze, sembra che le molecole dei corpi, in ragione tanto di lor densità che di lor natura, distruggano maggiore o minor quantità del movimento impresso al fluido etereo allorchè con esse s'incontra, come appunto abbiam veduto il suono estinguersi istantaneamente in certi corpi, e soprattutto dopo alcuni echi, come appunto abbiam veduto i corpi elastici rimbalzare soltanto in parte dopo

(1) Si è supposta una parallassi di 2" per Sirio; ed anche questa parallassi darebbe una distanza prodigiosa. Nondimanco la luce che questa stella emana impiegherebbe non meno di tre anni per arrivare a noi.—T. R.

l' urto. Del resto avremo occasione di tornare su quest' assorbimento della luce, trattando della riflessione e della refrazione.

216. Nella sperienza succennata al cominciamento di questa sezione, abbiam veduto che la luce la quale penetra in una camera oscura per una piccola apertura forma fascetti divergenti conici: questa sperienza ci servirà anche a far riconoscere che ciascun punto di un corpo luminoso debb'essere considerato come centro di scuotimento particolare, che tramanda raggi per tutto lo spazio; dappoichè l' immagine del fascetto luminoso, se si riceve in sufficiente distanza dall' apertura, si riconoscerà che costantemente ha la forma del corpo luminoso; ogni giorno abbiam di ciò la pruova sott' occhi. Di fatti se si esaminano le macchie luminose prodotte dal sole a traverso il fogliame degli alberi, si troveranno costantemente circolari, mentrecchè quando il sole sta celato in parte da un' ecclissi, queste macchie hanno la forma della porzione del suo disco che ci spinge la luce. La medesima sperienza fa anche rilevare in primo luogo, che i corpi ci sembrano colorati perchè la luce che ci mandano è colorata essa stessa, dappoichè lasciando penetrare la luce riflessa da uno di questi corpi in vece di quella del sole, noi la troviamo del colore del corpo d' onde emana; ed in secondo luogo, ci spiega perchè questa immagine, ricevuta dietro un piano forato da un' apertura, è necessariamente capovolta; basta volgere lo sguardo su la *fig.* 52 per riconoscere che l' immagine del corpo AB debbe pingersi capovolta sul telaio E.

217. Per lungo tempo si è creduta istantanea la trasmissione della luce, e sperienze analoghe a quelle che avevano fatto scoprire la velocità del suono conducevano a questo risultamento. Ma Rœmer, ricercando la cagione delle ineguaglianze, ravvisate ne' movimenti de' satelliti di Giove mediante l' osservazione delle loro ecclissi, subito riconobbe doversi essa ripetere dal tempo bisognevole perchè la luce ch'essi inviano arrivi fino a noi. Di fatti la loro sparizione apparente oltrepassava quella calcolata quando la terra si trovava situata fra Giove ed il Sole, e si trovava ritardata se il nostro globo trovavasi da la parte opposta del Sole per rispetto a Giove; questa differenza era di 16 minuti $\frac{1}{2}$ circa, donde si conchiuse che la luce impiegava questo tempo a percorrere l'orbita terrestre, e per conseguenza ch' essa ci arrivava dal sole nella metà di questo tempo. La luce dunque percorre circa 33 minuti di leghe in 8 mi-

nuti 13 secondi, val dire circa 67,000 leghe per secondo, velocità prodigiosa, di cui si avrà un' idea riflettendo che abbisognerebbono più di 32 anni ad una palla di cannone per percorrere lo spazio che separa il sole da la terra.

218. Abbiamo già acquistate alcune nozioni sperimentali intorno a la direzione della luce, ed abbiamo fatto qualche cenno su la sua natura; abbiamo indicato che la luce emanata da un corpo luminoso, arrivando sul nostro globo, soggiace da parte degli altri corpi a talune modificazioni, consistenti nell' essere talune volte rispinta in parte, delle volte più o meno deviata in diverse maniere. Prima di entrare nello studio particolarizzato di questi fenomeni, è necessario compire le idee teoriche che debbonsi formare intorno a la cagione di tutti questi fenomeni nel sistema delle vibrazioni; con ciò la sposizione della teorica acquisterà maggior nesso; potremo dispensarci dal discorrerne più lungamente in prosieguo, e sarà più facile l'intelligenza dei fenomeni; per questa ragione dopo aver esposti i fenomeni della diffrazione e dell' inflessione della luce, che servono di base a la teorica tutta moderna delle interferenze, teorica che tanto rischiara tutta quella della luce, indicheremo di qual maniera si possa intendere la produzione della riflessione, rifrazione e colorazione dei corpi.

SEZIONE II.

Diffrazione ed inflessione della luce; anelli colorati; teorica delle interferenze.

219. Trattando della teorica del suono abbiam veduto che ne' mezzi di densità uniforme, tutt' i suoni, siane qualunque la natura e l' energia, si propagano con la medesima velocità, e che per tal maniera la loro intensità dipende dall' ampiezza delle oscillazioni, ma non già da la velocità di trasmissione. Abbiamo ugualmente veduto che la natura de' suoni, val dire il tuono, dipende da la successione più o meno rapida delle vibrazioni, successione che nulla muta a la velocità di propagazione del suono a traverso differenti mezzi, ed è conseguenza della lunghezza delle ondolazioni. Abbiamo anche veduto, e ciò in conseguenza della natura de' movimenti vibratorii che son prodotti da condensazioni e rarefazioni alternative, che ogni qual volta due o più onde sonore arrivano ad un medesimo punto, esse si congiungono o si combinano, quan-

oscura, in cui penetrerà la luce del sole per una piccola apertura, vedremo l'ombra di un corpo sottilissimo, proiettata sul cartone, non più circondata solamente da un areola, ma da più frange alternative e colorate, separate da intervalli oscuri, i cui colori si succederanno, come vedremo ch'essi si succedono negli anelli colorati; del pari se si osserva l'interno stesso dell'ombra, vi si vedranno anche fasce alternativamente oscure e brillanti.

Finalmente se per simplificare il fenomeno, a vece di adoperare luce composta, qual'è la luce bianca, ci serviamo di una luce omogenea, val dire di un sol colore, non osserveremo più frange d'insensibile gradazione, ma le vedremo di un sol colore, separate da fasce oscure, la cui intensità andrà continuamente scemando a misura che si allontaneranno dall'ombra, nuovo fenomeno analogo a quello che presentano le lamine sottili.

Ora per compiere la sposizione dei fenomeni della diffrazione, osserviamo che le frange tanto più distintamente si manifestano, e tanto più lontano dal corpo opaco, per quanto la luce è più omogenea; vedremo in appresso che così debb'essere, atteso la cagione della loro produzione. In secondo luogo non è necessario ricevere queste frange sur un cartone per ravvisarle; esse si formano nello spazio; e mediante i micrometri, od osservandole con la lente, si può conoscere coll'ultima precisione, almeno per talune, la lor larghezza, il lor colore e la vera lor forma.

222. Dai fenomeni che abbiamo analizzati risulta, che la luce, nel passare vicino ai corpi, sembra riflettersi in dentro ed in fuora dell'ombra a fasce alternanti, e che facendo variare talune circostanze, ove pria stava una fascia luminosa si presenterà una fascia oscura, e *vice versa*. Vediamo ora come spiegar si possono questi fenomeni.

Nel sistema della emissione si è costretto supporre azione di forze attrattive e ripulsive; si è costretto a risguardare la luce riflessa come rispinta, e la luce trasmessa come attirata, secondo più innanzi vedremo; e per gli fenomeni di diffrazione, bisogna dire ch'essa sia alternativamente rispinta ed attirata, nel mentre verrà alternativamente attirata e rispinta modificando talune condizioni. Di quì ha tratto origine l'ingegnosa *teorica delle accessioni* inventata de Newton, nella quale ei supponeva le molecole luminose, dal momento della loro partenza, predisposte ad essere trasmesse o riflesse, attirate o rispinte. Ma in primo luogo, come mai intendere azioni tanto diverse per corpi che non

variano, soprattutto dopochè si è dimostrato che la densità e la natura del corpo opaco nulla mutano ne' fenomeni di diffrazione, soprattutto dopochè si è veduto che le frange luminose iuteriori dell' ombra si annullano intercettando i raggi da una sola parte, e si fanno ricomparire couducendo in questo punto raggi simili? Ma ora che si pruova di maniera diretta ed incontrastabile che aggiungendo luce a luce non si rende sempre il suo splendore più intenso, ma che sovente si produce oscurità, come or or vedremo, si può dire che nello stato attuale delle cose, i fenomeni di diffrazione sono assolutamente inesplicabili nel sistema dell' emissione; per lo contrario essi sono conseguenza necessaria del principio delle interferenze.

223. Nel sistema delle vibrazioni, in cui la luce si considera come prodotto di un movimento ondolatorio in etere eminentemente sottile ed elastico, s' intende perfettamente che l' oscurità, vale a dire la cessazione del movimento, potrà essere prodotta da la coincidenza di due onde nel medesimo luogo; basterà per questo ch' esse arrivino cou movimenti in direzione contraria, val dire una con un movimento in avanti che io chiamo di *condensazione*, l' altra con un movimento a la parte di dietro, che io chiamo di *rarefazione*. Su questo principio poggia l' intera teorica delle interfereuze, ed ecco la sperienza che ne dimostra la verità.

Se fate arrivare in un puoto C, *fig.* 54, mediante due specchi AB, che fra loro formauo un piccolissimo angolo, due raggi provvenienti da S, tostochè questi han percorso lo stesso spazio ed arrivano in circostanze simili, essi vibreranno all' unisono, il loro movimento si unirà, la luce resterà aumentata d' intensità. Ma se si scosta uno degli specchi di maniera che uno de' due raggi, avendo percorso maggior cammino, arrivi in C vibrando in senso contrario, accadrà necessariamente che i movimenti si neutralizzeranno; e ne risulterà riposo ed oscurità in questo punto. Si comprende che scostando dippiù lo specchio si ritroverà il periodo di movimento unisono al primo, e per conseguenza il punto di coincidenza resterà illuminatissimo. In siffatto modo appunto si avranno alternativamente fasce oscure e luminose *r c*, la cui osservazione condurrà ad un importante risultamento, val dire farà conoscere la lunghezza e la velocità di ciascuna ondolazione, e per conseguenza farà conoscere la legge delle influenze simili o contrarie. Studiando questa legge secondo la quale i raggi, a cagione

del diverso cammino percorso, si copulano o si distruggono in tutto od in parte, si è trovato ch'essi si riuniscono seoondo i periodi 1, 2, 3, 4, d, e si neutralizzano nelle posizioni intermedie $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$, d, chiamando d la differenza de' cammini percorsi.

224. In questa maniera si è riconosciuto che la lunghezza media delle ondolazioni luminose è di circa $\frac{1}{2}$ millesimo di millimetro, e si è calcolato che la milionesima parte di un secondo è sufficiente per la produzione di 564.000 ondolazioni. Abbiam detto la lunghezza media; dappoichè della stessa maniera che abbiam veduto i diversi suoni percettibili esser prodotto di ondolazioni di differente lunghezza, parimenti i raggi di diversi colori non sono prodotto di onde uguali; quelle che producono la seusazione del rosso sono quasi doppie di quelle che producono la sensazione del violetto.

225. Debbesi dunque pensare, e questa supposizione sembra molto naturale, che i corpi luminosi, tanto per incandescenza, quanto per qualsivoglia altra cagione, contengono molecole in tutti gli stati possibili di vibrazione. Non sapremmo ricordarlo abbastanza, queste velocità di oscillazioni, tanto differenti, tanto disuguali, niente mutano a la velocità di trasmissione, come appunto abbiam veduto per l'aria, la quale trasmette ugualmente i suoni più gravi e più acuti, per la ragione che se la successione delle condensazioni e delle rarefazioni è più rapida, il raggio ch' esse comprendono è precisamente nella medesima proporzione meno grande; ma questa disuguaglianza di velocità nel movimento primitivo ha per risultamento immediato la formazione di onde di molto diversa lunghezza; in un mezzo elastico ed omogeneo come l'etere, non potrebbe aver luogo ripetizione più rapida di vibrazioni, se non variasse la lunghezza delle onde. Si può dunque credere che il corpo luminoso imprime all'etere oscillazioni di ogni velocità, e che vi produce per conseguenza onde di differentissime lunghezze. Tutte quelle dell' estensione fra 6 a 4 dieci millesimi di millimetro circa sono visibili a'nostri organi, e mediante l'impressione ripetuta delle loro vibrazioni, che sono più o meno rapide in ragione delle onde, producono in noi la sensazione di tutt' i colori, come appunto le vibrazioni più o meno vive del corpo sonoro, trasmesse al nostr' orecchio, ci danno la sensazione de' diversi tuoni. Tutte le onde, la cui lunghezza eccede la summenzionata, sono per noi invisibili, ma mediante azioni calorifiche ma-

mutamenti, ci sono insensibili, e la luce sembra risultare da emissione regolare.

227. Si possono anche produrre direttamente i fenomeni d' interferenza adoperando due specchi un poco inclinati l'uno sull'altro, siccome si osserva nella *fig.* 55, che io traduco dall'opera del Sig. Fresnel, e che presenta il vantaggio di rappresentare agli occhi i periodi delle ondolazioni positive o negative; le linee piene rappresentano i punti in cui le molecole sono animate da la massima velocità in avanti, e le linee puntate quelli in cui sono animate da la massima velocità indietro; ciò che noi abbiam tentato di rendere sensibile in due altre figure che rappresentano fenomeni d' interferenze, in cui noi chiamiamo E il movimento in avanti ossia di condensazione, ed R il movimento in addietro ossia di rarefazione. Donde si rileva che le fasce brillanti debbono incontrarsi ne' punti in cui gli archi simili s' intersecano, poichè ivi evvi accordo perfetto; e le fasce oscure nelle intersecazioni delle linee dissimili, poichè ivi evvi discordanza compiuta.

Invece di far variare la distanza o l' inclinazione degli specchi, possono anche prodursi questi fenomeni facendo variare la densità ossia la natura dei mezzi sul passaggio di uno dei sistemi di ondolazione, come rappresenta la *fig.* 56. Di fatti se supponghiamo che in uno dei cannelli per cui passa la luce, si diminuisca la densità dell' aria, oppure si muti la natura del mezzo introducendovi la più piccola quantità di gaz o di vapore, accadrà che questo fascetto di luce, affrettato o ritardato nel suo cammino, non perverrà più al punto C nel medesimo tempo, ed offrirà alternative di coincidenza e di discordanza coll'altro raggio. L'interposizione di ogni altro corpo trasparente, di più o meno grande densità, produrrà gli effetti medesimi. Questa bella sperienza, che debbesi al Sig. Arago, gli serve per ispiegare la scintillazione delle stelle, e gli permette calcolare le più piccole modificazioni nello stato di un corpo.

228. Or s' intende come mai la concordanza alternativa di due sistemi di ondolazioni produca frange o fasce alternativamente oscure e brillanti; sarà facil cosa farne applicazione ai diversi casi di diffrazione e d' inflessione della luce, osservando che le vibrazioni di un' onda luminosa si possono considerare qual risultante delle azioni parziali di ciascuno di questi punti che agisce isolatamente; chè perciò la sua intensità, e per conseguenza la sua velocità e lunghezza, restano uniformi, finchè una porzione dell'onda non

viene intercettata nè ritardata; perchè la risultante è la stessa per tutti i punti, laddove poi varia per ciascuno di essi, quando una porzione dell'onda è intercettata; donde risulta che si manifesteranno variazioni d'intensità, di velocità e di lunghezza e produrranno diversi fenomeni d'interferenze. Accade allora come a le corde vibranti che, in primo luogo, eseguendo una vibrazione totale in tutta la loro lunghezza, eseguiscono ben anche gran numero di vibrazioni parziali che si possono rendere sensibili con la sperienza, i cui suoni si possono anche percepire, e che, in secondo luogo, sotto l'influenza della menomà cagion determinante, mutano la loro ondolazione primitiva unica in più ondolazioni che risultano da la prima.

229. L'azione delle lamine sottili si spiega in modo affatto analogo. Ma osserviamo in primo luogo che lo alternare degli anelli oscuri e brillanti, quando si adopera la luce omogenea, e di anelli colorati, quando si adopera la luce bianca, offrono identità compiuta nella disposizione e nei colori con le frange e le fasce che ci hanno fatto riconoscere il fenomeno delle interferenze. Gli effetti dei corpi trasparenti di ogni natura ridotti in lamine sottili sono dunque identici ai precedenti. Ecco in che essi consistono: tutt'i corpi trasparenti, ridotti in lamine sottili ed esposti a la luce, producono quelli che si chiamano colori d'iride più o meno netti; ciò è specialmente osservabile su le lamine sottili di mica e su le palle di sapone: ma queste osservazioni non erano suscettive di alcuna precisione. Newton, cui dobbiamo così belle ricerche, e che se n'è valso per fondare la sua teorica delle accessioni, osservò che premendo una contro l'altra due piastre una delle quali leggermente convessa e trasparente, si produceano effetti simili, ottenendosi per tal maniera una lamina sottile di aria o di acqua o di ogni altra sostanza liquida. Con questo mezzo si ottengono i fenomeni degli anelli colorati. Siccome in quest'ultimo caso è facile conoscere la densità della lamina sottile, calcolando la convessità della piastra, s'intende che per tal maniera si determinerà la densità in cui produrrassi ciascuna tinta, od anche ciascun'anello, oscuro o brillante.

230. In tal maniera si è riconosciuto che questi fenomeni sono identici con quelli della diffrazione, e che offrono i medesimi fenomeni d'interferenze, perchè la differenza del cammino percorso dai raggi che vengono riflessi a la prima ed a la seconda superficie della lamina sottile stabilisce accordi o discordanze somiglievoli. In tal

maniera si è riconosciuto che la densità della lamina è sempre corrispondente a la lunghezza di ondolazione. Si può dunque antecipatamente predire il luogo in cui si manifesterà tal colore, ove si vedrà un anello oscuro o brillante. L'illustre Newton che avea riconosciuta questa legge, ma che non l'attribuiva a la medesima cagione, determinò la densità delle lamine dell' aria, dell' acqua e del vetro per sette ordini di anelli, che constituivano un totale di trenta colori (1). S' intende facilmente che, se le lamine sottili non possono manifestarne maggior numero, non per questo essi sono men moltiplicati, o, per meglio dire, realmente infiniti.

SEZIONE III.

Teorica della luce.

231. Ricpiloghiamo ora le conseguenze delle osservazioni precedenti, e per dare maggior unità all' esposizione della teorica, non men che per evitare di ritornarvi parlando di ciascun fenomeno in particolare, vediamo in qual maniera si possa intendere che abbiano luogo siffatte cose. Coi dati somministratici da la teorica delle interferenze siamo a portata di spiegare tutt' i fenomeni che ci presenta la luce.

Un fluido etereo eminentemente sottile ed elastico riempie tutto lo spazio; e quì facciamo osservare che l'esistenza di tal fluido, ammessa da Newton per la spiegazione della gravitazione universale, ora sembra dimostrata da tutt' i fenomeni elettrici, dappoichè per capire la trasmissione istantanea delle scariche, è indispensabile ammettere un mezzo elettrico elastico quanto è necessario supporlo per la trasmissione della luce. I corpi luminosi pe' movimenti oscillatorii di ogni sorta cui soggiacciono le loro molecole, in virtù di cagioni a noi ignote, ma che sono presso a poco analoghe a le correnti elettriche che vedremo produrre l'incandescenza, imprimono a quest' etere vibrazioni anche in ogni direzione. Un mezzo elastico come l'etere non può eseguire vibrazioni d' inegnal velocità, senza che le ondolazioni che ne risultano, cambino in lunghezze; ma queste modificazioni non ne producono alcuna nella velocità totale della propagazione del movimento, stante che le oscillazioni

(1) Vedete il quadro di questi ordini di colori nei trattati speciali di fisica, e particolarmente nell' *Ottica* di Newton.

stesso accade pe' fenomeni della riflessione, e colorazione dei corpi. Questo è il vantaggio del sistema d' Huyghens, fatto rivivere dal Sig. Young, autore della teorica delle interferenze, al presente così perfezionata dai lavori e da le ricerche de' Sigg. Arago, e Fresnel; cioè ch' essa comprende tutt' i fenomeni e può anticipatamente predirli; che si suggetta a tutte le sperienze e può annunziarle col calcolo; che si liga facilmente ai fenomeni del calore e dell' elettricità, e ravvicina effetti che manifestano tanto spesso la loro analogia.

233. In un mezzo elastico ed omogeneo, ogni scuotimento si propaga costantemente nella medesima direzione, comunicandosi successivamente di parte in parte. Così una palla che ne urta altra di massa uguale le comunica tutto il suo movimento, e resta in riposo; ma non più così accade quando le masse sono disuguali; di fatti, continuando l' esempio della palla, se quella che viene ad urtar l' altra è più grande, dividerà il suo movimento con essa, ma non per questo non continuerà a muoversi per la medesima direzione; se per lo contrario è più piccola, imprimendo a la prima un leggiero movimento, verrà rispinta in direzione contraria a la direzione primitiva. Non è già dunque che sia difficile intendere come avvenga la riflessione in sè stessa; imperciocchè dovendosi supporre enorme differenza fra le molecole dell' etere e quelle del corpo, è naturale che la riflessione debb' essere assai considerevole; ma è difficile però comprendere come mai in superficie che, rispetto a la luce debbono esser cotanto disuguali, la riflessione sia nondimeno tanto regolare, e produca costantemente l' angolo di riflessione, uguale all' angolo d' incidenza.

Nella teorica di Huyghens, questa singolarità si spiega senza aver bisogno di ammettere superficie perfettamente levigata. Di fatti si è veduto in questo vasto sistema, che ogni qualvolta un' onda si rompe, o viene in parte intercettata, abbisogna considerare ciascuno dei suoi punti come centro di ondolazione particolare; segue da ciò che, quando un' onda arriverà a la superficie di un corpo riflettente, le particelle di questo corpo la scomporranno e tramanderanno raggi per tutte le direzioni. Ma questi raggi saranno invisibili perchè isolati, o verran distrutti dall' interferenza perchè percorrono cammini disuguali, eccetto quelli che, trasmessi da la porzione delle molecole del corpo riflettente situate nel medesimo piano, avranno anche nello stesso piano i centri delle loro particolari ondolazioni;

in questo caso alcun effetto opposto non può distruggere il movimento, il che accade per gli altri punti, e queste onde particolari formando di nuovo un' onda riflessa simile all' onda incidente, avranno nuovamente acquistate le condizioni necessarie per essere visibili. La *fig.* 58. dimostra perchè mai quest' ondolazione riflessa visibile faccia l' angolo di riflessione uguale all' angolo d' incidenza; la ragione n' è che solamente in questa direzione l' onda primitiva totale si ritrova composta con celerità uniforme da le onde parziali che forma ciascun punto della superficie che riflette.

234. Dai fenomeni d' interferenza abbiam rilevato che le diverse sostanze trasparenti rallentano il movimento delle ondolazioni: questo fatto ci farà scoprire la cagione della rifrazione. Di fatti, appena il movimento viene allentato dal mezzo refrangente, ed in ragione della sua densità e natura, accadrà che l' onda totale, composta nel cammino da la riunione de' movimenti elementari, si scomporrà ed ogni punto della superficie refrangente diventerà centro di particolare ondolazione. Ma, come abbiam veduto per le onde riflesse, ciascuna di queste onde particolari non produrrà impressione di luce, per la ragione che un sol raggio non può esser distinto; soltanto quelli che potranno ricomporsi seguendo una medesima direzione, e percorrendo ugual cammino prima di arrivare a la superficie refrangente, diventeranno visibili; e dimostra il calcolo ch' essi sono quelli il cui seno dell' angolo d'incidenza sta in relazione costante col seno dell' angolo di refrazione, dappoichè seguendo questa legge si riproducono appunto ne' differenti mezzi le variazioni di lunghezza e di velocità delle ondolazioni, prima cagione de' fenomeni di rifrazione; se ne vede un esempio nella *fig.* 59. Tutte le onde particolari che non seguiranno questa direzione non potranno adunque riunirsi per formare di nuovo un onda totale sensibile, ma verranno disperse o distrutte da le reciproche interferenze. Sappiamo che i raggi di differenti colori non hanno la medesima velocità di oscillazione, nè per conseguenza la medesima lunghezza di ondolazione; perciocchè di già abbiam veduto variare questa lunghezza, pe' colori che possono essere distinti tra 4 e 6 dieci millesimi di millimetro; ne risulta dunque ch' essi non verranno modificati della stessa maniera all' entrare ne' corpi refrangenti, per conseguenza, che all' uscirne si vedranno separati nell' ordine de' colori dello spettro, vale a dire nell' ordine della loro rispettiva refrangibilità.

La refrazione de' mezzi di variabile densità, com' è l' aria, rimane spiegata anche semplicissimamente mercè della disuguaglianza di velocità de' raggi, come si comprende guardando la *fig.* 60; dappoichè se i raggi partiti dal punto luminoso C si propagano più lentamente nella parte CT dell' atmosfera più densa, che in quella più rara CZ, l' osservatore in A, anzichè riferire l' obbietto luminoso a la sua vera posizione C, lo vedrà in D, ove si troverà innalzato da la disuguaglianza di velocità de' raggi lungo il cammino di questi da C in A.

235. Passiamo ora a la colorazione dei corpi; è questo uno de' punti della teorica della luce che si affaccia come obbiezione al sistema delle vibrazioni; vediamo dunque come mai con quest' ipotesi si possano spiegare i colori propri dei corpi. Abbiam detto che, in un mezzo omogeneo ed elastico, le onde di qualunque lunghezza si propagano con velocità uguale, ed il calcolo pruova che così debba avvenire in un fluido perfettamente elastico; ma si comprende che ne' fluidi imperfettamente elastici, può non esser lo stesso, e la sperienza ci dimostra in fatti, che in taluni liquidi, le onde che si formano a la loro superficie si propagano con maggiore velocità quando sono più larghe di quando sono più piccole; osserviamo del pari che diversi echi non restituiscono se non taluni suoni. Cosicchè, dice il Signor Young (1), dal quale tolgo in presto questa spiegazione, l' etere essendo un fluido perfettamente elastico, tutte le ondolazioni vi si propagheranno con la medesima velocità, e la luce diretta ci sembrerà bianca: al contrario tutte le sostanze naturali trasparenti, o semi-trasparenti, come sono i corpi colorati, dovendo considerarsi quai corpi imperfettamente elastici, le onde vi si potranno propagare disugualmente.

Ciò posto, se attendiamo a render compiuta la spiegazione de' fenomeni, s'intenderà in parte perchè la refrangibilità del color violetto sia più considerevole di quella del rosso, essendo la luce rossa prodotta da ondolazioni più lunghe della luce violetta, e si comprenderà d' altronde come si formino i colori propri de' corpi; di fatti è chiaro che i corpi essendo elastici in differentissimo grado dovranno rispingere molto diversamente le ondolazioni di lunghezza diversa che andranno a colpirli, ed in parte pene-

(1) Memorie del Sig. Tommaso Young, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, years* 1800 = 1802. Vedete anche l'articolo Optic dell' *Encyclopedia of Edinburgh.*

treranno nella loro sostanza ; è chiaro parimente che da questa diversità nella dispersione de'raggi differenti per lunghezza dovrà risultare una quantità d' interferenze costanti che concorreranno a la formazione del colore del corpo, neutralizzando gli altri colori. Per tal maniera taluni corpi rispingeranno ugualmente le onde di ogni lunghezza, e sembreranno bianchi ; altri, lasciandole penetrare nel loro interno, le estingueranno, oppure le rispingeranno di maniera che vi sarà sempre discordanza compiuta fra le onde che s'incontreranno, e per conseguenza distruzione del movimento ; questi corpi sembreranno neri ; altri finalmente perchè hanno proprietà intermedie fra questi due estremi, produrranno anche effetti intermedi, annienteranno talune onde, altre ne rispingeranno ; questi corpi offriranno colori e gradazioni di colori tanto svariate, per quanto infinitamente svariate possono essere le lunghezze delle onde. Del resto, proprietà tanto complicate negli effetti non debbono arrecar meraviglia, poichè esse dipendono unicamente da la posizione delle molecole dei corpi e da la maniera onde rispingono le ondolazioni, e già si comprende che cosiffatta posizione delle particelle elementari debbe variare in ragione della propria natura dei corpi. Inoltre non si potrebbe anche supporre che l'elasticità imperfetta dei corpi sia cagione perchè il movimento vibratorio venghi tutto od in parte distrutto, oppure, ciò che forse è più probabile, perchè venghi modificato, per es. allentato, e per conseguenza mutato tutto od in parte in vibrazioni invisibili, ma che potranno tuttavia produrre effetti calorifici ? Questa opinione sembra appoggiata da la maniera onde si comportano i differenti corpi nell' irraggiamento del calore.

Entriamo ora ne' particolari de' fatti e nello studio dei fenomeni della luce, senza occuparci della loro teorica.

SEZIONE IV.

Riflessione della luce, ossia catottrica.

236. La luce si riflette sempre più o meno quando cade su la superficie dei corpi, sieno anche liquidi od uniformi, come pure si estingue sempre in parte a la superficie de' corpi che meglio la rispingono. Dei corpi che riflettono, taluni disperdono la luce, ne rispingono talune porzioni, e ritengono le altre, ordinariamente in maniera uniforme, essi sono i *corpi colorati* ; altri, i quali special-

mente si chiamano *riflessori*, rispingono benanco la luce più o meno abbondantemente, ma con regolarità, val dire che non mutano la luce dei corpi di cui rispingono i raggi, ma fan soltanto diminuire l' intensità dello splendore di essi: di questi ultimi corpi dobbiamo occuparci in questa sezione.

Per ottenere una riflessione regolare, abbisogna primieramente ripolire la superficie del corpo che debbe rispingere un' immagine distinta del punto luminoso. Nella sezione precedente abbiam veduto perchè mai la luce venga dispersa a la superficie dei corpi, anche de' meglio riflessori, quando sia ingombra di asprezze; ma da un altro lato non basta polire un corpo onde rifletta la luce regolarmente, sia perchè in taluni corpi le scabrosità che non si possono distruggere hanno tuttavia troppa possanza da non fare aver luogo la dispersione dei raggi, sia perchè questi corpi assorbendo talune porzioni della luce, la modificano di maniera che rifletter si possono soltanto taluni colori. I migliori corpi riflessori sono i liquidi scolorati, tal che l'acqua, l' acool, la maggior parte dei metalli, dei cristalli, quando sieno levigati, il mercurio.

237. Già sappiamo che la luce riflessa fa con la superficie riflettente l' angolo di riflessione uguale all' angolo d'incidenza (1); è questa la ragione per cui volendo noi analizzare

---

(1) Dassi comunemente in ottica per dimostrata la legge della *uguaglianza dell' angolo d' incidenza all' angolo di riflessione*, dietro il noto esperimento fatto coll' apparecchio di Cauchoix; ma le imperfezioni di quest' instrumento e la natura dell' esperimento lasciano l' incertezza di molti minuti primi. La maggior parte de' fisici intanto si mostran paghi di questo esperimento, e taluni altri han creduto inappellabilmente supplirvi coi ragionamenti metafisici che ormai converrebbe per sempre bandire da lo studio dei fenomeni naturali. Il Sig. Nobile, da cui prendiamo in presto questa osservazione, è di avviso che, non volendosi far uso de' mezzi astronomici i quali, secondo lui, possono solo in più ristretti limiti dimostrare la legge in quistione, potrà meglio dell' apparecchio di Cauchoix servire il goniometro del Wollaston. In fatti è noto che quest' instrumento poggiando su la eguaglianza dell' angolo d' incidenza all' angolo di riflessione, misura le incidenze delle facce dei cristalli. Se dunque si prende un cristallo o altro corpo lucido il quale abbia un angolo noto, e si assoggetti a la misura goniometrica, questa offrendoci per risultamento un angolo uguale a quello già antecedentemente conosciuto, ci offre in conseguenza una più soddisfacente confirma della cennata legge. Intanto la più esatta dimostrazione di essa, e che nulla lascia desiderar di meglio, debbesi al chiarissimo Sig. Cav. Brioschi, come può vedersi nei *comentarii astronomici della Specula Reale di Napoli* §. X. Questo diligentissimo astronomo scoprendo la flessione del cannocchiale nei cerchi ripetitori della Reale Specula di Napoli, e determinandone con esimia avvedutezza la quantità con doppio metodo, cioè col mezzo meccanico e col mezzo ottico, ha

i fenomeni della riflessione, non isceglieremo il raggio perpendicolare, dappoichè esso debbe venir rispinto nella direzione stessa del raggio incidente, e perciò col medesimo si confonde: non isceglieremo neppure quelli che sono quasi orizzontali, a cagione del loro cammino, ma osserveremo uno di quelli che cadono obbliquamente su la superficie riflettente. Instituendo questa sperienza in una camera oscura per meglio valutarne i risultamenti, saremo nel caso di osservare i fenomeni seguenti: i raggi che perverranno obbliquamente a la superficie di una lamina di vetro, non ostante la sua trasparenza, verranno in parte riflessi, e facendo l'angolo di riflessione uguale all'angolo d' incidenza, proietteranno l'immagine del corpo luminoso in una posizione che dipenderà dall' obbliquità della lamina di vetro ; l' osservatore situato in questa direzione vedrà il corpo luminoso brillantissimo , e gli sembrerà situato dall' altra parte della lamina di vetro, precisamente nella direzione del raggio riflesso, e a tal distanza , ove egli possa giudicarne, che sia proporzionale a la lunghezza del raggio riflesso. D' altronde il punto della superficie riflettente, in cui cadono i raggi del corpo luminoso , diverrà visibile , per ogni direzione , ma con debolissima intensità , se si paragona a quello dell' immagine riflessa regolarmente ; questa di fatti altro non è se non il risultamento della dispersione di una porzione della luce , operata indifferentemente per tutte le direzioni , come se il corpo non fosse levigato. Finalmente un' altra parte della luce incidente penetra nel vetro; arrivata a la seconda superficie, se ne riflette piccola quantità , la quale si conduce come quella riflessa a la prima superficie , ed il rimanente passa senza essere stata riflessa. Se al vetro sostituiamo una superficie metallica non trasparente , osserveremo fenomeni analoghi , val dire che porzione della luce incidente si rifletterà irregolarmente , altra se ne disperderà , ed altra finalmente non sarà più trasmessa, ma verrà assorbita, estinta , il che noi riconoscer potremo mediante gli strumenti appellati *fotometri*, val dire che misurano la densità della luce : avremo occasione di ritornare altrove su quest' instrumenti.

238. Tali sono i fenomeni che presenta la luce quan-

---

ottenuta la più valida pruova dell' anzidetta legge. Il mezzo meccanico in fatti gli ha dato nei due cerchi de' risultamenti, i quali differiscono di 0",63, e 1", 03 da quelli ottenuti col mezzo ottico , e che poggia su la cennata legge : quindi la legge è vera , ed una differenza così tenue debbesi attribuire a la moltiplicità delle occorse operazioni. — *I Tradutt.*

do cade sopra una superficie piana, fenomeni cui si possono facilmente ridurre, scomponendoli, tutti quelli sovente complicatissimi che offre la riflessione della luce, tanto in talune circostanze particolari, quanto sopra superficie di diverse forme. Perciò volgendo lo sguardo su la *fig.* 61, si riconoscerà che gli obbietti veduti per riflessione in uno specchio piano, come sono le lastre, debbono conservare le loro forme, dimensioni, colori, e comparire dietro lo specchio tanto lontani, per quanto lontani stanno al davanti; si riconoscerà pure perchè gli obbietti veduti per riflessione nell' acqua sembrino capovolti. Un analisi consimile dell' andamento dei raggi ci farà prevedere i fenomeni che presentano gli specchi curvi o sferici di ogni genere; dappoichè ogni punto di una superficie curva qualunque può considerarsi come un piano situato nella direzione della tangente in questo punto, e per conseguenza i raggi vi si debbono riflettere facendo l'angolo d' incidenza uguale all' angolo di riflessione. Perciò sopra uno specchio concavo, in virtù della proprietà delle sezioni coniche, i raggi pervenuti da un punto molto lontano S, *fig.* 63, di maniera che risguardar si possano come paralleli, debbono riflettersi su lo specchio in guisa che concorrer debbono in un medesimo luogo F, che si chiama *foco*; in tal caso questo foco si trova situato precisamente in ugual distanza da la superficie e dal centro dello specchio; perciò si chiama *foco principale*; esso gode della proprietà di riunire tutt' i raggi paralleli caduti su lo specchio, e per conseguenza somministra immagine del corpo luminoso intensa molto più che se si vedesse direttamente. Concentrando in cotal guisa i raggi solari nel foco di vasti specchi si è arrivato a fondere i metalli i più resistenti, in una parola si è ottenuta una temperatura molto più elevata di quella che si ottiene dai fornelli i più energici. Il foco principale gode anche di quest' altra proprietà, conseguenza della prima, di rendere cioè paralleli i raggi che ne emanano, proprietà da la quale si tira partito nella costruttura de' fari.

Ogni qualvolta i raggi non sono paralleli, la posizione del centro debbe variare in ragione della distanza del corpo luminoso, e tanto per l'appunto avviene. Così vedesi nella *fig.* 64, il punto ove si troverà il foco de' raggi emanati da un obbietto S S', situato al di là del centro dello specchio, e perchè quest' obbietto, veduto per riflessione sur un tramezzo, sembrerà più piccolo e capovolto; si

osserva, *fig.* 65, perchè un obbietto situato al di qua del foco, veduto ugualmente per riflessione, sembra dritto, più grande, e situato dietro a lo specchio.

239. In quanto a gli specchi convessi, la medesima analisi fa subito riconoscere le loro proprietà; si vede, *fig.* 66, ch' essi disperdono i raggi paralleli, come se emanassero dal foco principale F; e, *fig.* 67, che un obbietto lontano veduto per riflessione sopra uno di questi specchi, sembra situato al di là, da la parte del centro, in più piccola dimensione e dritto. A misura che quest'obbietto si accosta a lo specchio, la piccola immagine anche si accosta crescendo in dimensione fintantocchè finalmente coincide con la superficie.

240. I fenomeni che presentano tutte le altre specie di specchi si riferiscono facilmente a questi: sarebbe inutile di più trattenerci sur essi; ci resterebbe dunque soltanto ad indicare le applicazioni che si sono fatte delle proprietà degli specchi per avvicinare ingrandire e rischiarare gli obbietti; ma esse si complicano con gli effetti delle lenti trasparenti: per questo motivo la spiegazione dei telescopi, microscopi ed altri instrumenti di ottica meglio avrà luogo dopo lo studio della refrazione. Ma prima di abbandonar questo argomento dobbiamo far menzione di taluni fenomeni importanti della riflessione. Ed in primo luogo esamineremo quello che offrono gli specchi paralleli, un poco inclinati; si sa che i primi moltiplicano gli obbietti per così dire all' infinito; la ragione n' è semplice, cioè perchè l' immagine riflessa in ciascuno specchio, addivien per l'altro specchio obbietto principale, e per conseguenza vien riflessa come lo sarebbe un obbietto reale situato nella sua apparente distanza dietro a lo specchio: accade lo stesso per questa seconda immagine, e così in seguito; ma già si comprende che l' intensità di queste immagini va continuamente decrescendo. Altro curioso fenomeno di riflessione è il seguente: una persona può mirarsi interamente in uno specchio che abbia soltanto la mettà della sua altezza, secondo il dimostra la *fig.* 68; come del pari in uno specchio inclinato di 45 gradi, gli obbietti orizzontali sembrano verticali, e viceversa; le *fig.* 69 e 70 ne rendon chiara la cagione (1).

---

(1) Gli specchi sono *piani*, *concavi* o *convessi*, secondocchè la superficie che riflette è piana, concava o convessa. Se si chiama f la distanza focale dello specchio, d la distanza dell'obbietto luminoso da lo specchio,

Rifrazione della luce, ossia diottrica.

241. Nella quistione precedente disaminato abbiamo ciò che accade a la porzione della luce incidente che si riflette a la superficie dei corpi; seguiamo ora quella che si sottrae a la riflessione e penetra nell' interno. Ogni qualvolta un raggio di luce penetra obbliquamente da un mezzo in altro differente per densità o per natura, soffre diviamento da la direzione in linea retta che percorreva; questo fenomeno si chiama *refrazione* della luce. Noi di già sappiamo che i diversi mezzi, modificando la velocità

---

ed r il raggio di sfericità, si avrà la relazione seguente per gli specchi concavi,

$$f = \frac{dr}{2d - r}$$

vale a dire i raggi riflessi si rincontrano dinnanzi a lo specchio fino a tanto che $2d > r$.

Se $2d = r$ si ha

$$f = \frac{dr}{o}.$$

vale a dire che i raggi riflessi s' incontrano all' infinito, ossia che son paralleli.

Gli specchi sferico-convessi non differiscono dagli specchi sferico-concavi se non per ciò che il raggio di curvatura sta in senso opposto; si rileva dunque che, per applicare la prima formola a questo caso, basta mutare il segno r; per gli specchi convessi si avrà dunque

$$f = -\frac{dr}{2d + r}$$

per gli specchi piani, si ha sempre

$$f = -d,$$

vale a dire che le immagini stanno sempre tanto in là dello specchio, per quanto l' obbietto sta al di quà.

Per rispetto a la grandezza delle immagini, O essendo l' obbietto ed I l' immagine, si ha per gli specchi concavi,

$$\frac{I}{O} = \frac{r}{2d - r},$$

e per gli specchi convessi

$$\frac{I}{O} = \frac{r}{2d + r},$$

Queste formole daranno risultamenti tanto più esatti, per quanto l'obbietto situato sull'asse sarà più picciolo. T. R.

e per conseguenza la lunghezza delle ondolazioni luminose, son cagione di siffatto deviamento de' raggi, il quale ha luogo ravvicinandoli a la perpendicolare, quando passano da mezzo più raro in mezzo più denso, e per lo contrario allontanandoli, quando passano da mezzo più denso in mezzo più raro. Sappiamo parimente che ne'mezzi di densità variabile com' è l'aria, i raggi vengon continuamente inflessi, di maniera che seguitano una linea curva.

Questi fenomeni di rifrazione vengono dimostrati solidamente da numerose sperienze, alcune delle quali sono familiarissime; tal è l' inflessione di un bastone immerso obbliquamente nell' acqua, nel qual caso si osserva che i raggi i quali ne emanano si avvicinano a la perpendicolare; tale è ancora la seguente sperienza, la quale inoltre pruova che la luce, passando dall' acqua nell' aria viene deviata da la normale: se si mette una di moneta in un vase a pareti opache, *fig.*71, l' occhio in O non potrà vederla, se il vaso contiene solamente aria; ma se all' aria si sostituisce l' acqua, i raggi emanati da la moneta seguitando la direzione SCO, la renderanno visibile all' osservatore situato nel medesimo luogo.

242. Lo studio più esatto dei fenomeni ha fatto riconoscere essere svariatissima la facoltà rifrangente di diversi corpi, e non essere in ragione della densità, se non eccetto in un mezzo omogeneo, dappoichè la natura chimica la modifica possentemente; così la facoltà rifrangente dell' alcool, dell' olio è maggiore di quella dell' acqua, non ostante che la densità ne sia minore. Generalmente la rifrazione è stata osservata fortissima ne' corpi combustibili, e dietro a questa osservazione appunto l'illustre Newton aveva annunziato che il diamante e l' acqua, i quali hanno energica facoltà rifrangente, contenessero sostanze combustibili, ciò che la chimica ha verificato in seguito scomponendoli. Ma è tuttavia ignota la cagione di quest' indizio di analogia.

243. Prima di passare a lo studio della rifrazione, quando la luce passa da un mezzo in un altro, spieghiamo taluni fenomeni curiosi che dipendono da la rifrazione semplice, oppure da la rifrazione che avviene in un medesimo mezzo a densità disuguale. Il crepuscolo, l' allungamento degli astri all' orizzonte, la loro comparsa, come pure quella di un vascello mentre realmente stanno tuttavia al di sotto dell' orizzonte, la valutazione esagerata dell' altez-

za dei corpi, sono fenomeni di rifrazione semplice, come lo spiegano le *fig.* 72, 73 e 60. Quel fenomeno di doppia immagine chiamato dai francesi *mirage*, fenomeno che si presenta in parecchie circostanze, ma specialmente nelle pianure sabbiose ed aride, come sono quelle dell'Egitto, quando vengono colpite dai raggi del sole, è prodotto della diversa rifrazione operata da' strati di aria di densità disuguale. In questo fenomeno, che non ha luogo se non nelle ore in cui il sole ha fortemente riscaldato il suolo, ed ha dilatato per conseguenza lo strato di aria che poggia sur esso, gli obbietti lontani sembrano interamente circondati dall'acqua; la *fig.* 74 ne farà facilmente avvertire la cagione. Di fatti gli obbietti da una parte son veduti direttamente mediante il raggio AB, e sembrano nella loro vera posizione, ma i raggi diretti verso il suolo, penetrando in uno strato di aria meno denso vi si rifrangono e si allontanano da la perpendicolare, di maniera che, al pari del raggio SC, potranno pervenire all'osservatore: perciò questi vedrà una seconda immagine dell'obbietto, ma gli sembrerà capovolta e circondata dall'immagine ugualmente rifratta del cielo, il che imiterà perfettamente la riflessione degli obbietti a la superficie dell'acqua. Il dott. Wollaston ha dimostrata questa spiegazione realizzando i fenomeni sopra spranghe di ferro fortemente riscaldate, e facendo passare un raggio attraverso un miscuglio di liquidi di diversa densità.

244. Fintantocchè la luce percorre uno spazio di densità e di natura omogeneo, segue la linea retta, ma quando passa da un mezzo in un altro, devia dal sentiero primitivo per accostarsi od allontanarsi da la perpendicolare. Così la luce, passando dall'aria nell'acqua o nel vetro si avvicina a la normale, e per lo contrario se ne allontana passando dall'acqua o dal vetro nell'aria; di maniera che dopo queste due simili deviazioni, i raggi restano tuttavia paralleli. È questo il cammino della luce ne' corpi trasparenti a superficie parallele; ma non più così accade quando le superficie sono differenti, chè allora si presenta un fenomeno analogo a quello che accade nel prisma, forma a la quale si può sempre ridurre la figura dei corpi, siccome il vedremo quando studieremo le lenti.

È noto che un prisma di vetro o di acqua ha la facoltà di far deviare il raggio verso la base del prisma opposto all'angolo acuto, siccome vedesi nelle *fig.* 75 pe' raggi obbliqui e *fig.* 76 per gli perpendicolari. Questa proprietà porge la

spiegazione di tutt'i fenomeni di riunione o dispersione della luce, mercè di lenti o di vetri di qualsivoglia forma, fenomeni che però son molto prossimi a quelli degli specchi riflessori, e sui quali per conseguenza tratteremo a la sfuggita. Così una lente convessa, *fig.* 77, rende paralleli i raggi ch' emanano dal suo foco, riunisce a questo foco principale i raggi paralleli, ed in altri luoghi quelli che fanno angolo sensibile arrivando a la sua superficie, per la ragione che una lente convessa altro non è se non la riunione d' infiniti prismi, la cui base sta rivolta verso il mezzo della lente, siccome lo dimostra la *fig.* 78, in cui questa lente è scomposta in prismi. Parimente le lenti concave, *fig.* 79, agiscono in senso contrario a le precedenti, perchè i prismi vi stan rivolti in opposta direzione. I vetri di qualunque altra forma partecipano più o meno delle proprietà di questi, secondocchè si avvicinano, o si allontanano a la concavità od a la convessità (1).

245. Su questi princìpi è poggiata la struttura dell' occhio, come anche di tutti gl' instrumenti di ottica, i

---

(1) Qualunque sia l' incidenza di un raggio che passa da un mezzo in un altro, il seno dell' angolo d' incidenza, diviso per quello dell' angolo di rifrazione, è una quantità costante per due mezzi dati.

Noi chiamiamo angolo d' incidenza l' angolo formato al punto d' incidenza dal raggio incidente e da la perpendicolare in questo punto, l' angolo di rifrazione è quello che il raggio *rifratto* fa col prolungamento di questa perpendicolare.

Sia $\frac{\text{sen. } i}{\text{sen. } r.} = \frac{p}{q} = n$, ecco i valori di n per talune sostanze

Barite solfata	1,643
Vetro di antimonio	1,888
Calce solfata	1,488
Vetro comune	1,550
Cristallo di rocca	1,562
Spato d' Islanda	1,666
Sal gemma	1,545
Allume	1,458
Acqua di pioggia	1,336
Gomm' arabica	1,476
Spirito di vino rettificato	1,370
Canfora	1,300
Olio di olive	1,466
Olio di lino	1,481
Essenza di trementina	1,471
Ambra	1,555
Diamante	2,439

quali studieremo e descriveremo dopo l'organo della vista, di cui sono il compimento, l' ausiliario e qualche volta il correttivo. In questa sezione termineremo l'analisi dei raggi refratti.

246. Nella sposizione della teorica della luce abbiam veduto che i raggi di diverso colore non avendo la medesima velocità di ondolazione, non vengon rifratti con la

---

VETRI SFERICI.

Sia d la distanza data di un obbietto, r il raggio di sfericità, f il foco, p a q il rapporto dei seni d' incidenza e di rifrazione, per gli obbietti situati da la parte della convessità si ha

$$f = \frac{d p r}{d (p - q) - r q},$$

e per gli obbietti situati da la parte della concavità

$$f = \frac{-d p r}{d (q - p) + r q}.$$

Nel passaggio dell' aria nel vetro, si ha approssimativamente $p = 31$, $q = 20$. Queste formole, per le superficie convesse da la parte dell' aria, addivengono

$$f = \frac{-31\, d r}{11\, d - 20\, r},$$

e per le superficie concave da la parte dell' aria

$$f = \frac{-31\, d r}{11\, d + 20\, r}.$$

GRANDEZZE DELLE IMMAGINI.

I essendo l' immagine, O l' obbietto, p a q il rapporto di rifrazione de' due mezzi, pe' vetri convessi da la parte dell' aria si ha

$$\frac{I}{O} = \frac{q r}{(p - q)\, d - q r};$$

pe' vetri concavi da la parte dell' aria,

$$\frac{I}{O} = \frac{q r}{(p - q)\, d + q r};$$

nel caso che l' obbietto sia situato da la parte interna del vetro, il vetro essendo convesso all' obbietto,

$$\frac{I}{O} = \frac{p r}{(p - q)\, d + p r}$$

medesima energia. Perciò passando da un mezzo in un altro e soprattutto a traverso di un prisma, la cui forza rifragente sia moltoppiù considerevole, la luce bianca viene scomposta, e nell' uscire il fascetto di luce presenta un'immagine allungata e di differenti colori, immagine che ora studieremo. Se quest' effetto non è sempre sensibile, gli è perchè la rifrazione è troppo poco considerevole, e perchè

---

il vetro essendo concavo all' obbietto,

$$\frac{I}{O}=\frac{pr}{(p-q)\,d-qr}.$$

LENTI

Sia d la distanza fra un obbietto ed una lente, r il raggio di sfericità de' segmenti, f la distanza fra il foco e la superficie, trascurando la densità del vetro per le lenti biconvesse si ha

$$f=\frac{\frac{1}{2}qdr}{(p-q)\,d-\frac{1}{2}qr}=\frac{10\,dr}{11\,d-10\,r};$$

per le lenti piano-convesse

$$f=\frac{qdr}{(p-q)\,d-qr}=\frac{20\,dr}{11\,d-20\,r},$$

per le lenti biconcave,

$$f=-\frac{\frac{1}{2}qdr}{(p-q)\,d+\frac{1}{2}qr}=\frac{10\,dr}{11\,d+10\,r};$$

per le lenti piano-concave,

$$f=-\frac{qdr}{(p-q)\,d+qr}=\frac{20\,dr}{11\,d+20\,r}$$

Se la lente è concava da una parte e convessa dall'altra, R, r essendo raggi differenti di sfericità

$$f=\frac{qdrR}{(p-q)\,dR-(p-q)\,dr-qrR}$$

$$=\frac{20\,drR}{11\,drR-11\,dr-20\,rR}$$

GRANDEZZA DELLE IMMAGINI NELLE LENTI.

I essendo sempre l' immagine, o l'obbietto nelle lenti biconvesse si ha

$$\frac{I}{O}=\frac{\frac{1}{2}qr}{(p-q)\,d-\frac{1}{2}qr}=\frac{10\,r}{11\,d-10\,r},$$

I raggi di diverso colore, troppo poco gli uni dagli altri lontani, continuano a star soprapposti e perciò danno la sensazione della luce bianca. Le lenti, potendosi considerare come una riunione di prismi, produrranno la medesima dispersione della luce ogni qualvolta la faranno fortemente deviare da la sua direzione, d' onde ne risulterà ch' esse daranno immagine confusa e colorata. Newton aveva creduto irrimediabile questo difetto; ma Dollon, fisico inglese, riconosciuto avendo che talune sostanze, con disugual grado di forza rifrangente, disperdono ugualmente la luce, concepì l' idea della possibilità di ottenere immagini considerevolmente diviate, ed intanto incolore. E' questo l' *acromatismo*, ed il principio sul quale poggia la costruttura degli occhiali o piuttosto de' vetri *acromatici*, nei quali ordiuariamente si stabilisce la compensazione mediaute la riunione del vetro ordinario e del cristallo in cui entra del piombo, il crown-glass ed il flint-glass.

247. Sappiamo che in ciascuna superficie di separazione dei due mezzi rifrangenti, si opera una riflessione; ciò ci somministrerà la spiegazione di uno dei più singolari fenomeni naturali di ottica: intendiamo dire dell' arco baleno. E' inutile descrivere in quali circostanze il fenomeno si produca; ognuno ha potuto osservare che l' arco ha luogo quando piove diametralmente a la parte opposta del sole, di maniera che l' osservatore si trova situato fra l' uno e l' altro; i raggi del sole penetrando a traverso le gocce di acqua soggiacciono, come lo rappresenta la *fig.* 80, a molte rifrazioni e riflessioni. Di quì risulta ch' essi potranno pervenire in differenti punti O O' O'' O'''; ma a cagione delle rifrazioni vi perverranno sparpagliati e per conseguenza colorati. Queste riflessioni e refrazioni, potendo conti-

---

nelle lenti piano-convesse,

$$\frac{1}{O}=\frac{qr}{(p-q)\,d-qr}=\frac{20\ r}{11\ d-20\ r},$$

nelle lenti biconcave

$$\frac{1}{O}=\frac{\frac{1}{2}\,qr}{(p-q)\,d+\frac{1}{2}\,qr}=\frac{10\ r}{11\ dr+10\,r},$$

nelle lenti piano-concave

$$\frac{1}{O}=\frac{\frac{1}{2}\,qr}{(p-q)\,d+\frac{1}{2}\,qr}=\frac{20\ r}{11\,d+20\,r}.$$

T. R.

nuare all'infinito, potranno comparire più archi uno sovrapposto all'altro, e continuamente diminuiti d'intensità, dappoichè una porzione della luce si perde per ogni riflessione; e si vedranno ancora in diverse situazioni, poichè i raggi che ne daranno l'immagine non avranno seguitato il medesimo cammino. Ordinariamente si veggono soltanto due archi-baleni, uno interiore e più brillante, perchè i raggi hanno sofferto una sola riflessione, ed in cui i raggi rossi stanno al di fuora; l'altro più debole, ed in cui il rosso sta in dentro. La *fig* 80 fa vedere il cammino che i raggi percorrono ne' globoli, e dimostra le riflessioni e le rifrazioni che sperimentano. Il calcolo dimostra che soltanto taluni dei raggi che attraversano in data maniera le gocciole di acqua possono convenevolmente pervenire all'osservatore, tutti gli altri sono perduti per lui.

SEZIONE VI.

Colorazione dei corpi, ossia cromatica.

248. Abbiam veduto che la luce bianca per opera della refrazione soggiace ad una modificazione, in virtù della quale i diversi colori che la compongono si mostrano separati, e questo fenomeno è soprattutto apparente quando la luce è obbligata ad attraversare un prisma. L'immagine dispersa e vario-pinta del sole, che per tal guisa si ottiene, si chiama *spettro solare*. Sappiamo che nell'atto della riflessione i corpi possono assorbire, estinguere, rendere invisibili taluni raggi, mentrecchè rispingono gli altri; questa sembra essere la cagione della colorazione dei corpi, di cui la riflessione degli anelli colorati e delle lamine sottili ci ha di già data idea. L'insieme di queste cognizioni constituisce la scienza *cromatica*, ossia de' colori, a lo studio della quale consacreremo questa sezione.

Quando si fa passare un fascetto di luce a traverso un' prisma rifrangente, e che si riceve a data distanza dopo l'uscita del prisma, l'immagine del corpo luminoso che si ottiene in questa maniera fa conoscere che la luce non solamente è stata deviata da la sua direzione primitiva uniformemente a le leggi della rifrazione, ma ben anche, a cagione della ineguale rifrangibilità de' raggi di diversi colori de' quali si compone, che è stata scomposta e dispersa. Lo spettro luminoso che così si produce, e che altro non è se non l'immagine del sole allungata nel senso

della refrazione per effetto della disuguale rifrangibilità de' raggi, si presenta sotto forma oblunga, e tinto delle più vivaci gradazioni di colore dell' arco baleno. Applicando a quest'immagine colorata diversi esattissimi mezzi di scomposizione, ricevendo separatamente le diverse porzioni dello spettro, facendolo passare a traverso strettissime fissure o picciolissimi fori, Newton, ed altri fisici dopo di lui, son pervenuti a fissare le gradazioni e le proprietà delle differenti parti dello spettro.

249. Generalmente si contano sette colori principali nello spettro, non ostante ch' esso realmente contenga tutte le gradazioni possibili prodotte tanto dai colori intermedi fra le specie primitive, che da le varietà e da la miscela in ogni proporzione. Ma, nell' impossibilità di analizzare tutte le tinte, si son dovute ridurre a taluni tipi principali, i cui raggi si risguardano come omogenei, non ostante sieno essi stessi composti di numero infinito di varietà; di quì intanto si rileva che la luce la più omogenea somministra il mezzo di ciascun colore principale. Taluni fisici hanno sostenuto esservi soltanto cinque ed anche tre sorte di colori differenti, e che il solo loro miscuglio produceva tutte le gradazioni possibili: non si può negare che il miscuglio di diversi colori sia capace di comporre un'altra gradazione risultante da la combinazione di questi colori, ciò che vien dimostrato da una quantità di sperienze, per es., dal miscuglio di diverse polveri, di diversi liquori dissimili per colore, ed anche da la luce bianca, la quale altro non è se non il miscuglio di tutte le gradazioni; si può dire non pertanto che questa spiegazione dei colori dei corpi, mediante un così piccol numero di colori realmente diversi, venga distrutta da una più esatta analisi dello spettro, e sia contraria tanto a la spiegazione di Newton nella teorica dell'emissione, quanto all' altra che noi abbiamo di sopra adottata nella teorica delle ondolazioni, nelle quali ugualmente si vede che tutte le gradazioni passan le une nelle altre per insensibili passaggi, e che nella loro imperfetta separazione, noi dobbiam soltanto accusare l'imperfezione de' nostri mezzi di scomposizione, ciò che viene innoltre dimostrato dai fenomeni della diffrazione e degli anelli colorati, non che rimane spiegato da la teorica delle interferenze.

250. I sette colori principali ammessi da Newton nell' immagine dello spettro sono situati nell'ordine seguente: partendo da la parte meno rifratta, si trova prima il rosso,

poi il rancio, quindi il giallo, il verde, il torchino, l'indago, e finalmente il color violetto, che constituisce l' estremità dello spettro visibile la più deviata da la sua direzione. Misurando il più esattamente possibile lo spazio occupato da ciascuno di cosiffatti colori, si rileva ch' essa non è uguale, come lo fa vedere la *fig.* 81, la quale fa conoscere la gradazione e la larghezza di ciascuna specie di raggi. In tal maniera si ottieue questo curioso risultamento, cioè che siffatti spazi paragonati fra loro, stanno precisamente nella medesima relazione de' tuoni della gamma musicale, e che lo spettro può essere paragonato ad una corda vibrante che dà i suoni della gamma, mercè del suo raccorciamento secondo i medesimi numeri; inoltre la più grande analogia sembra passare fra i raggi rossi ed i raggi violetti, ciò che faceva a lo stesso Newton instituire il paragone del ritorno de' colori con la consonanza delle ottave, nuovi fatti in conferma della teorica che abbiamo adottata.

251. Del resto lo spettro non contiene soltanto raggi colorifici; ma manifesta benanco effetti di calore e di azioni chimiche, le quali pruovano esser esso altresì composto di raggi calorifici e di raggi chimici, o piuttosto che le onde di differente lunghezza posseggono siffatte proprietà disugualmente, delle volte isolate, e delle volte riunite a la proprietà colorifica; dappoichè lo studio attento dello spettro ha fatto conoscere che anche al di là delle due estremità visibili esistono raggi oscuri suscettivi di sviluppare calore o di produrre taluni fenomeni di combinazione. Herschell il primo ha annunziato che questi raggi manifestano la loro azione con maggiore intensità al di là della porzione visibile dello spettro, e se tutt' i fisici non sono d'accordo su questo punto, sembra almeno dimostrato che il centro di tali raggi particolari stia situato all' estremità stessa dello spettro. In tal maniera appunto, col situare un termometro assai sensibile in diverse porzioni dello spettro, si è riconosciuto che i raggi calorifici, i quali sembrano i meno rifrangibili, vanno continuamente decrescendo d' intensità, a partire dal punto più lontano dell'estremità rossa fino a le vicinanze del verde, ove riesce difficile a distinguerli(1); in pari modo, esponendo a

(1) Non dobbiamo qui ommettere che l' illustre Morichini fin dal 1815 aveva riconosciuta nel raggio violetto una proprietà magnetica. Questo fatto, contrastato da Configliacchi, da Berard, da Seebeck, e da altri, ha ricevuta novella conferma da le recenti sperienze del nostro abile chimico Sig. Cassola, il quale innalzando di poco la temperatura con uno spec-

lo spettro diverse combinazioni chimiche, e specialmente il muriato di argento, si è riconosciuto che i raggi chimici i quali sembrano essere i più refrangibili stanno disposti in quantità descrescente, a partire dall' estremità violetta, fino al giallo, ove più non manifestano azione alcuna. I sigg. Laroche e Bérard hanno istituite moltissime ricerche ed esperienze su le diverse azioni dello spettro, ed hanno confermati i risultamenti or annunziati. Il Sig. Arago, mercè di sperienze recentissime, ha pruovato che i raggi chimici vanno suggetti, al pari dei colorifici, a le interferenze, poichè facendo cadere questi raggi sul muriato di argento, poste le convenevoli condizioni, ha ottenute fasce alternativamente nere e bianche. Cosicchè l'effetto era nullo appunto ove attendevasi scomposizione doppia. Questa sperienza dimostra in maniera decisiva l'intensità di tutt' i raggi che compongono lo spettro, e la cagione che determina la loro azione; pruova altresì ch' essi non differiscono fra loro se non per velocità e lunghezza di ondolazione; pruova finalmente l'intensità del calore e della luce.

252. Noi abbiam veduto che scomponendo la luce bianca, mediante un prisma, si ottengono sette colori principali, e questo fenomeno già c' indica ch' essa si compone della riunione di siffatti diversi colori; ma si può pruovar direttamente quest' assertiva facendo cadere nel medesimo luogo, mercè di prismi diversamente inclinati, i ridetti raggi, oppure mescolando materie che riflettano questi colori diversi, oppure incollando sur un cartone pezzetti di carta dipinti coi diversi colori prismatici: facendo girare il prisma rapidamente, la sensazione ripetuta di questi diversi colori produrrà l' impressione del bianco. Risulta dunque da tai fenomeni che la luce bianca, come quella del sole, di una candela, è un miscuglio di raggi eterogenei, inegualmente rifrangibili, e suscettivi di darci la sensazione di diversi colori, quando son separati. Di fatti si comprende che l' assenza di uno o più di questi colori, modificherà necessariamente in parte od in tutto la tinta totale del tutto, ed in tal maniera produrrà gradazioni infinitamente svariate.

253. Questo fatto ci spiega compiutamente la colorazione dei corpi, ponendo mente, pe' colori riflessi, a quello

---

chio concavo, ovvero con una lente convesso-convessa sugli aghi posti ne' raggi magnetici dello spettro, ottenne la perfetta magnetizzazione di più aghi in pochi minuti. — *I Tradutt.*

che abbiam detto trattando delle lamine sottili e degli anelli colorati. Di fatti i colori iridati, come quelli della perla, delle bolle di sapone; i colori vario-pinti, come quelli della coda di pavone, delle penne di moltissimi uccelli, son prodotto dei differenti raggi, riflessi sotto diverse inclinazioni rispettivamente all' occhio dell' osservatore. Si sa che in taluni corpi i colori veduti per riflessione e per trasparenza non sono gli stessi. Per es. le dissoluzioni di diversi legni da tinta sembreranno turchine per riflessione, gialle o rosse per trasmissione. È chiaro che siffatti corpi semi-trasparenti hanno la proprietà di riflettere i raggi bleu e di lasciar passare gli altri in tutto od in parte. Quando li lasciano passare tutti, ciò ch' è rarissimo, questi colori veduti per trasmissione sono complementari di quelli veduti per riflessione, come è naturale il comprendere; quando la trasmissione è parziale, il colore dipende da la natura dei corpi, stantechè tutti non assorbono i medesimi raggi, ed anche da la loro trasparenza e densità. Perciò le dissoluzioni di cui abbiam parlato potranno sembrare, in un vaso di vetro conico, rosse in alto, e gialle in basso ec.

254. L' opacità perfetta è il più alto grado di questa proprietà, e dipende da la natura del corpo. Perciò l'oro ridotto in lamine sottili addiviene trasparente, e veduto per trasmissione sembra verde. In questo caso evvi assorbimento parziale; dappoichè il verde non è complementario del giallo, ch' è il colore dell' oro per riflessione; ma ben presto l' opacità di questo corpo sarà compiuta, dappoichè ai raggi che di già assorbiva aggiungerà quelli che lasciava passare: allora esso sarà visibile soltanto per riflessione. Ogni qual volta i raggi trasmessi sieno complementari di quelli riflessi, se ne troveranno le gradazioni negli anelli colorati con la massima esattezza. Altro risultamento anche più importante e più ragguardevole si è che tutt' i cangiamenti di colore che si fanno gradatamente, come ne' composti chimici, nell' atto della vegetazione, si trova l' ordine ascendente o discendente presentato dagli anelli colorati, ed il passaggio successivo dell' uno all' altro. Perciò in autunno, quando il cominciamento della scomposizione delle foglie annunzia la loro prossima caduta, dal verde di terz' ordine esse passano successivamente nell' ordine degli anelli, al giallo, al rancio, ed al rossiccio. Ivi si riconosce l' effetto di un' azione che si modifica a poco a poco nello stesso senso.

L'opacità dei corpi dipende principalmente da là loro densità e natura; ma sovente dipende anche dall' interposizione delle molecole di un altro corpo. Quindi l' acqua agitata, battuta, spumante, come quando va a frangersi sui scogli, su le cascate, sembra bianca ma non trasparente, a cagione dell' aria che si è frapposta fra le sue molecole; dicasi lo stesso del vetro pesto, cui si rende la trasparenza sostituendo l' acqua all' aria che occupava i suoi interstizi; lo stesso accade nell' idrofano. Un corpo che riflette tutta la luce sembra bianco per riflessione, opaco e nero per trasmissione o rifrazione; quello che rifrange e lascia passare tutta la luce, sembra opaco e nero per riflessione, trasparente e bianco per rifrazione. Tali effetti sono soltanto parziali; l' apparenza dei corpi, che n'è la conseguenza, vien perciò modificata, ed è questa la cagione dei colori.

SEZIONE VI.

Vista.

255. La percezione degli obbietti, prodotta dall'azione della luce, si chiama *vista*, e l' occhio è l' organo mercè del quale questa impressione ci vien trasmessa. È desso un vero instrumento di ottica che concentra i raggi provvenienti dagli obbietti, per imprimerne l'immagine a la parte ove le papille nervose ne ricevono la sensazione; ma quest' organo riunisce tutte le condizioni necessarie per adattarsi a le distanze e distruggere le cagioni di errori, quali sono le aberrazioni di rifrangibilità e di sfericità; e le riunisce in grado di perfezione tanto sublime, che noi non possiamo imitarlo ne'nostri instrumenti, e per questa ragione è incomparabilmente di essi più perfetto.

256. L'occhio, nell' uomo e nella maggior parte degli animali delle prime classi, protetto esternamente da taluni peli chiamati *ciglia* o *sopracciglia*, e da tegumenti molto dilicati e contrattili chiamati *palpebre*, sta situato in una cavità ossea detta *orbita*; esso constituisce una massa globosa, *fig.* 82, che contiene tre mezzi differenti per forma e per facoltà rifrangente, il cui officio è simile a quello delle lenti convergenti. Le parti che il compongono son le seguenti: la membrana esteriore constituisce la *sclerotica* o *cornea opaca*, la cui porzione più esterna e più convessa chiamata *cornea trasparente* è diafana e sottile, ed imita un cri-

stallo da orologio. La porzione adiacente a la cornea trasparente, è bianca, e comunemente chiamata *bianco dell' occhio*; tutta questa parte vien protetta da la pelle che si estende su tutto il globo dell' occhio, ma vi è trasparente ed estremamente sottile. La seconda membrana che tapezza l' interno della sclerotica, chiamata la *coroide*, nera interiormente, ed atta a constituir camera oscura, si distende sotto la camera trasparente e compone quella parte colorata dell' occhio che chiamasi *iride*, e che ha un foro nel mezzo, chiamato *pupilla*, pel quale i raggi penetrano nell'occhio. Questo foro, può essere ingrandito ed impicciolito, mediante fibre contrattili, le quali compongono l'iride, ed allora permette l' entrata a maggiore o minor numero di raggi. Per tal meccanismo la pupilla s' ingrandisce nell' oscurità, si ristringe quando lo splendore della luce è vivacissimo; ed è questa la ragione perchè passando noi dall' oscurità a la luminosità del giorno non veggiamo fino a tanto che la nostra pupilla non si sia dilatata in guisa da ammettere maggior quantità di raggi. Sotto l' iride evvi un prolungamento della coroide che sostiene il cristallino; è questo il ligamento ciliare. Nel fondo della cavità dell' occhio, ma non esattamente sul prolungamento dell' asse della pupilla, evvi una continuazione delle pareti interiori: per esse penetra il *nervo ottico*, la cui porzione midollare ramificandosi all' infinito, tapezza l' interno della coroide e forma la *retina*; le picciolissime *papille nervose* da le quali è composta, sono gli organi che ricevono la sensazione, e la comunicano al cervello mercè del nervo ottico, che si va a perdere nella sostanza midollare. Il tramezzo delle membrane è occupato anteriormente dal *cristallino*, attaccato al ligamento ciliare; è questo un corpo consistente, trasparente, che hà la forma di una lente convergente, ma convessa più da la parte interna che dall' esterna. La cavità fra il cristallino e la cornea è occupata dall' *umore aqueo*, liquido molto simile all' acqua; tutto il rimanente dietro il cristallino, e che constituisce la più gran parte della cavità dell' occhio, sta ripieno dell' *umor vitreo*, liquido vischioso che somiglia a vetro fuso.

257. In generale l' occhio degli animali è formato sul medesimo piano, però spesso presenta grandi differenze, talune delle quali sono evidentemente adattate a le abitudini dell' animale, oppure gliele han fatto contrarre, altre servono al disimpegno di funzioni che noi non conosciamo. Taluni animali non veggono perfettamente in mezzi che per

noi sono assoluta oscurità, senza dubbio, come abbiam detto, perchè i loro organi possono percepire raggi che non producono alcuna impressione su i nostri. Negli uccelli principalmente l' occhio sembra essere stato corredato della più grande energia; ne' pesci si trova convenevolmente adattato al mezzo che abitano; il loro cristallino è sferico. Finalmente una maniera di visione tutta particolare s' incontra negl' insetti, i quali talvolta hanno gli occhi semplici e lisci, come le mosche, talvolta occhi multiplici, composti di faccette, per dir così, innumerevoli, dappoichè se ne sono contate fino a diciassettemila sull' occhio delle farfalle. Non dobbiam forse avvisarci che in questi esseri, i quali hanno sempre gli occhi fissi, l' organo sensitivo stia situato a la superficie dell' apparecchio della vista, e percepisca direttamente i raggi? Ma noi dobbiamo lasciare a la storia naturale la curiosa esposizione dei fenomeni della vista degli animali; avvertiamo solamente che grandissimo numero di essi son privi di cosiffatti organi. Ripigliamo frattanto le loro funzioni nell' uomo.

258. Da la già fatta descrizione dell'occhio si può rilevare, che quest'organo esegue l'uffizio di una camera scura provvista di lente, in cui la retina è il piano che riceve l' immagine degli obbietti; può verificarsi ciò osservando un occhio in parte spogliato della sclerotica; si vedranno in tal modo gli obbietti situati a certa distanza dipingere la loro immagine con tutt' i colori in piccolo e capovolta. Quest' ultimo fenomeno può sembrare strano, dappoichè noi veggiamo i corpi dritti; ma non bisogna confondere l' immagine con la sensazione. Noi riferiamo l' idea della posizione degli obbietti a la direzione dei raggi, siccome dal loro incrocicchiameuto giudichiamo della rispettiva grandezza e distanza (1); ma rispetto a questa e a molte altre

(1) E' necessario qui aggiungere che allorquando gli obbietti si dipingono capovolti su la retina non v' ha affatto inversione parziale sul fondo dell'occhio, ma una inversione universale dell' aspetto della Natura, e che in questa inversione universale, vedendo noi gli obbietti secondo la direzione del fascio luminoso che arriva all'occhio, non possiamo vederli in modo differente da quello che sono nell' Universo. Quando noi consideriamo, a ragion di esempio, un albero in mezzo ad una campagna, per la ragione stessa che la sua base va a dipingersi a la parte superiore del nostr' occhio, la terra ancora posta al di sotto dell' asse visuale va a dipingersi a la parte superiore; per la ragione medesima ch' esso riflette la sua cima a la parte inferiore, vi riflette ancora la volta del Cielo; l'albero dunque non ha cangiato le sue relazioni con gli obbietti che il circondano; esiston sempre nella immagine impressa sul fondo dell'occhio le sue radici nel terreno e la sua cima nelle nuvole. In tal modo dicendo che

cose l'abitudine e la sperienza molto influiscono nel nostro giudizio, e senza nostra conoscenza. Così un obbietto visto in molta distanza, ma a fianco di un altro, di cui sia conosciuta la grandezza, ci sembrerà tanto grande quanto se stesse molto più vicino, non ostante che l' angolo che egli descrive nel nostro occhio sia molto più piccolo. Altra notevole singolarità della vista si è, che gli obbietti non ci appariscono doppi; quantunque li guardassimo con due occhi; egli pare che le differenti porzioni della retina, per forza di abitudine, conducono sensazioni le quali si confondono, e, in conseguenza di quest' abitudine, noi costantemente dirigiamo i nostri occhi in maniera da ricevere sensazione unica, soltanto più intensa; ecco perchè le persone le quali per vizio di organizzazione o per abitudine, non ricevono la sensazione come all'ordinario, guardan guercio, situando gli occhi di maniera atta a poter ricevere una sola sensazione: questo difetto è molto più comune di quel che si può credere.

259. Numerose osservazioni pruovano che certe persone non veggono tutt'i colori, o non gli veggono come gli altri: il poeta Colardeau non distingueva il rosso, ed il celebre chimico Dalton patisce del medesimo difetto: ciò sembra dimostrare che non tutte le papille nervose diano la sensazione di tutt'i colori. Altre osservazioni giornaliere conducono al medesimo risultamento, pruovando che l'azione della luce può stancare le papille nervose col suo splendore; così, se dopo aver guardato per qualche tempo un corpo vivacemente colorato, si volge altrove lo sguardo, si ha la sensazione dei colori complementari del primo, come se i nervi che la trasmettevano fossero stanchi, e momentaneamente incapaci di trasmetterla. Si sa ben anche che l'azione della luce sull'occhio non è istantanea; una palla da cannone è invisibile; un corpo incandescente che gira rapidamente ci sembra un cerchio di fuoco, ecc.

260. Abbiam veduto esser l' occhio composto di più mezzi rifrangenti; questa combinazione, come anche le forme diverse dei mezzi e della loro superficie, tendono a

---

tutti gli obbietti si dipingono capovolti nell' occhio nostro, si debbe intendere ch'essi non cangiano relazione gli uni con gli altri: vedendoli com' essi sono, noi li veggiamo come dobbiamo vederli, gli uni in risguardo a gli altri, ed anche a noi stessi, perchè noi veggiamo gli obbietti secondo la direzione dei raggi luminosi a la loro entrata negli occhi, e la sperienza pruova che lo spirito li riferisce sempre all'estremità del raggio prolungato fino ad essi. — *I Tradutt.*

distruggere due difetti che ritroviamo ne' nostri instrumenti; il primo è l' *aberrazione di sfericità*, e consiste in ciò che gli orli di una lente non fanno esattamento convergere i raggi a lo stesso foco delle parti centrali; la natura vi ha rimediato con un mutamento di curvatura o di densità: l' altro è l' *aberrazione di rifrangibilità*, che colorisce gli obbietti, disperdendoli come nel prisma; la natura vi ha rimediato con un vero acromatismo. L'occhio possiede benanco l' importante vantaggio di accomodarsi a la vista degli obbietti disugualmente distanti con molta maggior perfezione, ed in estensione molto maggiore dei nostri instrumenti. S' ignora a un dipresso il meccanismo di questo fenomeno; sembra però che avvenga pel mutamento di curvatura del cristallino. Circa la quantità disuguale de' raggi ammessi nell' occhio abbiam veduto, ch' essa era facilitata dall' ingrandimento o ristringimento della pupilla.

261. Onde percepire un' immagine distinta degli obbietti, bisogna che i raggi ch' essi scagliano convergano su la retina in un punto senza dimensione, altrimenti s' incrocicchiano, si confondono, e le papille nervose, affette da più immagini, non ne percepiscono alcuna. Il luogo ordinario della vista distinta sta a circa otto pollici dall' occhio, ed ogni qualvolta l' obbietto è più vicino o più lontano, i raggi che tramanda sono troppo convergenti o troppo divergenti, e la vista risulta più o meno confusa. Moltissimi occhi hanno il difetto di far sempre convergere i raggi troppo o poco, di maniera che la vista non è mai distinta. A questi difetti si rimedia con lenti di vetro. Quelli che hanno la vista corta, ne' quali il cristallino è troppo convergente, e per conseguenza i raggi si riuniscono nell' umor vitreo prima di giugnere a la retina, si chiamano *miopi*: il difetto della loro vista si corrigge facendo cadere più indietro il punto di convergenza mercè di una lente concava che fa divergere i raggi. Quando il cristallino è troppo appianato, i raggi, a la distanza della vista ordinaria, si riuniscono dietro la retina: in questo caso non si possono veder distintamente se non gli obbietti lontani soltanto, a meno che non si metta dinanzi all' occhio una lente convessa, la quale cominci a far convergere i raggi: questo vizio vien denominato *presbiopia*, e diconsi *presbiti* coloro che ne patiscono; esso è comune a la maggior parte de' vecchi, ne' quali il cristallino suole appianarsi coll' età. Queste lenti vanno suggette al difetto dell' aberrazione di sfericità, di maniera che il campo della vista è ri-

strettissimo; ma il Sig. Wollaston vi ha rimediato mediante vetri convessi da una parte e concavi dall' altra, i quali van sotto il nome di lenti *periscopiche*; la loro costruttura reclama la più grande attenzione.

SEZIONE VIII.

Strumenti di ottica.

262. Diamo ora un' idea de' principali instrumenti di ottica, i quali non sono se non l'applicazione e lo sviluppamento delle proprietà delle lenti e degli specchi: tutti cosiffatt' instrumenti, anche i più composti, possono considerarsi come essenzialmente formati di due lenti, o di una lente e di uno specchio; una riceve la luce degli obbietti e la concentra in un foco; l' altra si mette vicino all' occhio, e serve a guardare l' immagine formata dal primo; quella chiamasi l' *obbiettiva*, l' *oculare* questa.

Per dar maggior perfezione a quest' instrumenti, spesso si complicano con maggior numero di lenti, si dispongono in un cannello che forma camera scura, affin di assorbire i raggi obbliqui; per questo stesso obbietto si tramezzano anche con diaframmi opachi, che lasciano passare soltanto i raggi prossimi all' asse; finalmente si conserva la possibilità di fare scorrere i pezzi dell' instrumento gli uni sugli altri, per avvicinare od allontanare le lenti, e per conseguenza ottenere immagini distinte di obbietti situati a viverse distanze. I più utili fra gl'instrumenti di ottica sono i microscopi ed i telescopi, ossiano cannocchiali astronomici, nautici, terrestri, da spettacolo, ecc. Servono i primi ad osservare i piccoli obbietti molto da vicino, e con precisione, essendo che molto ne ingrandiscono la dimensione; i secondi son destinati a presentare gli obbietti lontani sotto un angolo più grande di quel che si ottiene ad occhio nudo.

263. Una lente convessa, al centro della quale è situato un piccolo obbietto, e che rendendo i raggi che n'emanano quasi paralleli, permette di veder quest'obbietto con nettezza a distanza molto minore di quella della vista distinta, è un vero microscopio; gli si dà il nome di *microscopio semplice*. La confusione prodotta da le aberrazioni, quando si usa una lente di foco alquanto corto, limita molto l' uso di quest' instrumento, che non permette ingrandimenti molto considerevoli: per questa ragione si sono costrutti i microscopi composti, formati da la riunione di

più lenti convesse: qualche volta si complicano di una o più lenti intermedie, secondo l'invenzione di Ramsden e di Campani, per acromatizzare gli obbietti, non essendo praticabile il mezzo suindicato per lenti di così corto foco. Nel microscopio composto, *fig.* 83, si mette l'obbietto un poco al di là dell'obbiettiva AB, i raggi che ne partono andrebbono a dipingere un'immagine capovolta in A'B', ma soffermati da la seconda lente, l'immagine si forma in A" B"; quest'immagine appunto diviene l'obbietto della vista; osservato di poi con una lente essa comparisce in A''' B''' molto ingrandita. È necessario rischiarar fortemente l'obbietto reale mercè di uno specchio di riflessione, affinchè resti tuttavia visibile dopo le numerose estinzioni di luce operate da le lenti. Con questi mezzi si è arrivato ad ingrandire gli obbietti in maniera veramente prodigiosa, ed a scoprire un mondo affatto nuovo.

264. I telescopi o cannocchiali hanno guidato a risultamenti non meno nuovi ed anche più importanti, permettendoci di estendere il nostro sguardo scrutatore sull'andamento, su la disposizione, su la organizzazione dei mondi, facendoci penetrare nell'immensità dello spazio, multiplicando all'infinito gli astri che ci circondano. Non si sa positivamente chi fosse stato il primo inventore di quest'instrumenti, ma Galileo il primo ne ha costrutti de'veramente utili. Ve ne sono di molte sorte; quelli che si chiamano *diottrici* son fondati, come i microscopi, su la convergenza dei raggi nelle lenti; l'apparecchio n'è assolutamente lo stesso, eccettocchè l'obbiettiva è più grande ed i raggi vengono da un obbietto lontano: del resto si moltiplicano ugualmente le lenti, tanto per farne crescere l'effetto, quanto per distruggere l'aberrazione di rifrangibilità. Vi si può innoltre mettere un obbiettiva acromatica, cioè composto di due lenti diverse. Quest'instrumenti in particolare vanno sotto il nome di *cannocchiali*. Per lo passato servivano solamente ad osservare gli obbietti terrestri, e si chiamavano *cannocchiali di lunga vista*, *da teatro*, *nautici* ec. ma oggi se ne construiscono di quelli lunghi fino a trentadue piedi, e con la combinazione perfetta delle lenti si è pervenuto a farli produrre effetti straordinari uguali ai più grandi telescopi, e con molta maggior precisione e nettezza. Per riunire il vantaggio di misurare esattamente il diametro degli obbietti che si osservano, vi si aggiungono sempre de'*micrometri*, i quali sono instrumenti dilicatissimi, complicatissimi, che, mediante un filo fisso ed

un filo mobile, danno con la massima precisione l'angolo che sottende un obbietto.

265. I veri telescopi sono instrumenti *catottrici*, o meglio *catadiottrici*, vale a dire che poggiano sul principio della riflessione e della rifrazione della luce, e contengono specchi e lenti. Ve ne ha di molte specie. I principali sono i seguenti: quello di Gregori, *fig.* 84, in cui i raggi concentrati al foco di uno specchio metallico AB, vengono rispinti da un piccolo specchio *f* leggermente concavo, situato un poco al di là del centro, verso l'occhio in O, armato di una lente convergente, e situato dietro il grande specchio, ch'è bucato nel centro. Si vede che in quest' instrumento una parte del campo compresa dal telescopio viene celata dal piccolo specchio. Lo stesso accade in quello di Cassegrin, che per nulla ne differisce, eccetto che il piccolo specchio, in vece di essere concavo è convesso, è situato un poco in avanti del centro: esso ha il vantaggio di celare minore spazio, e soprattutto di diminuire l'incrocicchiamento dei raggi, incrocicchiamento in cui si opera sempre una distruzione di luce da le interferenze insensibili. Il telescopio di Newton, *fig.* 85, produce lo stesso risultamento spingendo i raggi di fianco, mediante uno specchio piano ed inclinato; si osserva perciò l'immagine dell'obbietto a lato dell'instrumento e con una lente. Finalmente nel telescopio di Herschell, che pare si debba a Lemaire, *fig.* 86, i raggi vengon ricevuti di fianco su lo specchio concavo, e per conseguenza rispinti fuori del campo del telescopio in O, ove si concentrano, ed ove si osserva l'immagine con una lente: questo telescopio offre il vantaggio di evitare una riflessione, e di non nascondere alcuna porzione dello spazio che l'instrumento può abbracciare. Herschell ne ha construtti taluni che hanno fino a tre piedi di diametro, e quaranta piedi di lunghezza, co' quali ha fatte le più curiose scoperte nel cielo. L'ingrandimento da essi operato si valuta più di seimila volte il volume dell'obbietto (1).

256. Sono stati composti infiniti instrumenti di ottica di ogni genere, per oggetto di utilità o di diletto, ma rispettivamente a le applicazioni non si possono paragonare a quelli de' quali abbiam parlato; di taluni però abbisogna

(1) Vedete le numerose Memorie di questo scienziato nelle *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*.

conoscere il meccanismo e l' uso. La *camera oscura* è un apparecchio nel quale un obbiettiva, adattata ad una piccola apertura, dà l' immagine degli obbietti esterni capovolta e di piccola dimensione; la si può raddrizzare mediante uno specchio, come nella *fig.* 87, e riceverla sur un cantone. Quest' apparecchio portatile, ma incommodo, serve pel disegno di paesaggio. Un altro apparecchio forse più comodo, che debbesi al sig. Wollaston, è la *camera lucida*, *fig.* 88: l' immagine degli obbietti vien porta da un prisma. Se questo vien disposto in maniera che la metà dell' occhio solamente riceva l'immagine, si vedrà contemporaneamente un cartone situato al di sotto nella direzione della vista, e sur esso sembrerà che stia l' immagine dipinta: nulla è dunque più facile del copiarla mercè di un lapis o di un pennello.

267. Quando in una camera oscura, invece di ricevere l' immagine degli obbietti lontani, si mette vicino all' obbiettiva un obbietto fortemente illuminato, si ottiene nella camera scura un' immagine della quale si fanno variare le dimensioni a volontà, avvicinando l' obbietto a la lente ed allontanando il cartone che ne riceve l' immagine: è questo appunto il *megascopio*, instrumento che serve a fare diverse copie. Se, invece di una grande obbiettiva, ponete all' apertura una lente fortissima, innanzi a la quale situate piccoli obbietti illuminatissimi, avrete il *microscopio solare*, mercè del quale si ottengono gli più forti ingrandimenti. Finalmente se in vece di luce solare adoperate quella di una lampada, se mettete d' innanzi all' obbiettiva figure dipinte sul vetro o capovolte, avrete la *lanterna magica*, che altro non è se non un megascopio portatile; e se fate variare la distanza di queste figure dall' obbiettiva, per mutarne le dimensioni, creerete tutte le apparenze della *fantasmagoria*.

SEZIONE IX.

Doppia rifrazione o polarizzazione della luce.

268. Per compiere il cenno rapido dei fenomeni della luce, ci rimane a parlare di tante particolarità singolari che questo imponderabile presenta in diverse circostanze, particolarità che hanno molto occupato i fisici moderni. Malus è il primo che abbia incominciato a portar precisione nelle osservazioni di questo genere, ed a suggettarle al calcolo; in

seguito molto si è aggiunto a' suoi lavori; ma siccome i fatti a ciò spettanti sono complicatissimi, siccome la cagione n'è quasi incognita, e che ben di rado se ne fa applicazione, basterà quì annunziarli soltanto.

Quando si fa cadere un fascetto di luce su moltissime sostanze cristallizzate, ma particolarmente sul carbonato di calce, ossia spato calcareo, si osserva che tal fascetto si divide nell' interno di questa sostanza in due altri fascetti che prendono differenti direzioni, e perciò danno una doppia immagine del punto luminoso. Questo fenomeno si chiama *doppia rifrazione*. Quando si analizza la direzione dei due fascetti, si trova che uno ha seguita la legge della rifrazione ordinaria, e si dice ch' è stato rifratto *ordinariamente*, e l'altro segue una legge particolare di deviazione, e perciò si dice che si rifrange *straordinariamente*. Ne' casi più semplici subito si osserva che questi fenomeni han luogo d' intorno ad una certa direzione che si chiama l'*asse del cristallo*, perchè si suppone che questa direzione dipende da la posizione delle molecole cristalline. Vi sono de' cristalli che hanno più assi, che per conseguenza danno luogo a moltiplici rifrazioni.

269. Questa deviazione de' raggi è nulla ogni qualvolta essi sono paralleli o perpendicolari all' asse del cristallo; ma, nel primo caso, si è riconosciuto che i raggi si propagano con la medesima velocità, mentrecchè nel secondo offrono grande differenza. Su questa base appunto Huyghens, nella teorica delle ondolazioni, in un' epoca in cui questa parte della fisica era stata poco studiata, ed i sigg. Biot e Laplace, in quella dell' emissione, hanno fondate le leggi d'analisi della doppia rifrazione: esse sono molto complicate, ed ingegnosissime nell' uno e nell' altro sistema; sembra però che quella di Huyghens, perfezionata dai lavori de' sigg. Fresnel ed Arago, e del sig. Brewster, sia più semplice, e si possa ridurre più facilmente a la teorica generale della luce, senza richiedere la supposizione ipotetica di moltissime proprietà particolari, tanto nelle molecole luminose, che nelle sostanze dotate della doppia rifrazione.

270. Malus ha chiamata *polarizzazione* la modificazione che sperimenta la luce nella doppia rifrazione, modificazione in virtù della quale essa non più si comporta come la luce diretta. Nei fenomeni della polarizzazione soprattutto s'incontran somme complicazioni e variazioni, le quali non per tanto dai nostri dotti fisici, con esperienze multiplici di ogni genere,

con ispiegazioni ingegnose quanto dotte, col soccorso dell'analisi la più trascendentale, si son cominciate a suggettare a leggi: ma la cagione se n' ignora interamante, e la spiegazione che si cerca dare di questi fenomeni, tanto con ammettere oscillazioni trasversali, quanto supponendo che le molecole luminose abbiano differenti facce di polarizzazione, intorno a le quali oscillano in taluni casi, non è del tutto soddisfacente. Intanto, osservazioni recenti pare che ci mettano su la strada delle scoperte; per es. il sig. Wheastone ha pruovata non è guari per via sperimentale la doppia rifrazione e la polarizzazione del suono (1); ciò che adducendo nuove probabilità in favore della teorica delle ondolazioni, potrà fare anche scoprire la cagione e le leggi di questi fenomeni; così pure il sig. Brewster aveva da lungo tempo riconosciuto che le sostanze le quali non hanno la medesima densità nell' una e nell' altra direzione, sono dotate della doppia rifrazione, ed il Sig. Fresnel ora si è assicurato che il calore dilata il solfato di calce meno parallelamente che perpendicolarmente al suo asse, ciò ch' era stato riconosciuto in altra direzione per lo spato d' Islanda dal Sig. Mitscherlich. Forse siffatte variazioni che debbono influire su la forma delle onde daranno talune nozioni su la cagione della doppia rifrazione.

271. Quando si riceve sur un secondo cristallo di spato d' Islanda la luce doppiamente rifratta in un primo, si trova che ciascuno dei fascetti continua il medesimo genere di rifrazione e non soggiace ad ulterior divisione, dal che si rileva che questa luce la quale si chiama *polarizzata*, val dire disposta in data maniera, essenzialmente differisce da la luce diretta. Perciò il Sig. Arago ha proposto questo mezzo per iscovrire se una luce, come per es. quella di una cometa, sia diretta o riflessa; dappoichè non solamente la luce che ha attraversato un cristallo dotato di doppia rifrazione resta polarizzata, ma anche quella che vien riflessa sotto taluni angoli. Parimente, passando da un cristallo nell' altro per esservi polarizzazione, si addimanda necessessariamente che le sezioni principali sieno parallele; al contrario ogni qualvolta si fa passare in un romboide di spato d' Islauda un raggio riflesso sotto la couvenevole inclinazione, oppure doppiamente rifratto, ma senza disporre le facce principali parallelamente o perpendicolarmente,

(1) Vedete *Annales of Philosophy*, agosto 1823.

questi fenomeni non più avranno luogo. Di fatti nel caso in cui il piano sia parallelo, tutta la luce ordinariamente è rifratta; nel caso che sia perpendicolare, viene interamente rifratta straordinariamente; ed in tutte le posizioni intermedie, viene in parte rifratta dell'una o dell'altra maniera; in guisa che vi sono quattro raggi emergenti di uguale o di disuguale intensità, secondo l'inclinazione che si dà al piano di polarizzazione.

272. Talune sostanze producono anche altri effetti di polarizzazione, ciò che rende assai difficile lo studio di questi fenomeni: per es. due lamine di tormalina situate nel medesimo senso, polarizzano la luce, come abbiam veduto; ma situate ad angolo retto non lasciano passare per nulla la luce. La mica situata in certa direzione ha pure la proprietà di dividere in due i raggi polarizzati, ma dippiù le immagini che produce sono tinte dai colori complementari, val dire da quei, di cui il miscuglio forma il bianco. Questi colori dipendono da la posizione ed anche da la densità della lamina, di maniera che sembrano aver molt'analogia con quelli degli anelli colorati. Finalmente non solo i cristalli offrono fenomeni di polarizzazione, la maggior parte de' corpi più o meno riflessori e dei corpi trasparenti ne offrono anche effetti diversamente modificati ed anche pochissimo conosciuti.

273. La proprietà delle lamine sottili di mica, scoperta dal Sig. Arago, è stata da esso stesso messa a profitto per la soluzione di diverse quistioni relative a lo stato dei corpi celesti, fra le altre cose per pruovare che il disco del sole tramanda i medesimi colori e la stessa intensità di luce da tutte le parti del suo diametro. Il sig. Biot ha tirato partito da le medesime proprietà nell'invenzione del suo *colorigrado*, instrumento mercè del quale paragona e riduce i colori propri de' corpi a quelli degli anelli colorati.

274. Il cenno rapido dei fenomeni della polarizzazione della luce che abbiam fatto è fuori dubbio molto imperfetto ed incompiuto; ma lo spazio non ci ha permesso di fare dippiù. Ne'lavori de'sigg. Malus (1), Arago (2), Biot (3), Brew-

(1) Riscontrate la sua *Théorie de la double refraction*, 1 vol. in 8vo.

(2) Vedete le *Mémoires de l'Institut*, il *Journal de l'École polytechnique*, le *Mémoires de la Société philomatique*, e gli *Annales de Physique et de Chimie*.

(3) Riscontrate il suo *Traité de Physique*, 4to. vol.

ster (1), e di altri dotti fisici, ricercar bisogna le sperienze e le leggi di questo ramo della fisica, sì vasto e complicato non men che novello.

CAPITOLO III.

ELETTRO-MAGNETISMO.

275. I fenomeni che ci rimangono ad esporre costituivano poco fa diversi, e distinti rami di fisica; l'elettricità, il galvanismo ed il magnetismo, non ostante le numerose analogie che passavano fra loro, restarono per lungo tempo separati, e ciò perchè non ancora era stato scoperto il legame che li unisce. Non molto però si tardò a riconoscere che il galvanismo consiste soltanto in una particolar maniera di sviluppamento dell' elettricità, e, quasi appena nato, fu a questa riunito; lo stesso però non accadde de' fenomeni della calamita. Se i loro effetti analoghi sembravano indicare non essere altro se non modificazioni di un medesimo principio, non si era però arrivato a dimostrare che gli uni producessero gli altri; ed i più dotti fisici, seguitandó la lunga ma sicura strada dell' esperienza, si astenevano dal pronunziare intorno a la loro identità. Finalmente la scoperta delle correnti elettriche, che si debbe al Sig. Oersted, ma rischiarata ed analizzata dal Sig. Ampère, non lasciò più alcun dubbio intorno a quest' identità, e noverò i fenomeni magnetici fra quelli che ripeter si debbono dall' elettricità. Forse stiam noi per arrivare al momento in cui la scoperta di talune leggi più generali ci permetterà di risguardare anche i fenomeni del calore e della luce come modificazioni di un medesimo principio; tanto almeno sembrano indicare le numerose analogie, le relazioni intime, che avvicinano tutti questi effetti.

Gli antichi non ebbero cognizione alcuna de' fenomeni elettrici e magnetici: avean solamente osservato, ma senza porvi attenzione, gli effetti dell' *ambra gialla*, in greco *electron*, e della pietra *calamita*, in greco *magnes*; donde, al risorgimento delle scienze, quando queste azio-

(1) Riscontrate gli articoli *Light*, *Optic*, *Polarisation*, ec. dell'*Encyclopedia of Edinburgh*, e soprattutto le Memorie del Sig. Brewster inserite nelle *Philosophical Transactions of the Royal Society*, for the years 1815-16-17, e specialmente 1818, articolo XIII.

ni cominciarono ad occupare i dotti, si tirarono le denominazioni di *elettricità* e *magnetismo*. Or che questi due ordini di effetti si sono riuniti, si è preferita una nuova denominazione, quella di *elettro - magnetismo* che indica all' istante l' unione di queste due scienze.

276. Qual' è la natura dell' elettricità? Qual' è la cagione di tutt' i fenomeni singolari ch' essa produce? Ecco le prime quistioni che si presentano per essere risolute; ma in rispetto a tali articoli noi siam costretti ad anticipare la confessione della nostra ignoranza. Noi vediamo, è vero, che questi effetti richiedono la presenza di fluidi eminentemente sottili ed elastici. Ma quali sono questi fluidi? Sono gli stessi di quelli che producono il calore e la luce? Se le analogie permettono di pensare che così debb' essere, non ancora però si può affermarlo in maniera decisiva; ciò che di già abbiam fatto notare nelle nostre considerazioni generali su i fluidi imponderabili. Noi abbiamo del pari procourato di dare idea de' due sistemi cui seguono i fisici nella maniera di risguardare i fenomeni elettrici. Siccome la spiegazione di questi è poco differente ne' due sistemi, abbandoneremo perciò sul loro proposito tutte le idee teoretiche, delle quali non siamo ancora in istato di dar soluzione compiuta, e ricorderemo soltanto le basi fondamentali delle due opinioni su la cagione dell' elettricità.

Nella più antica, che pare sia stata emessa prima da Dufay, ma perfezionata da Symmer, si suppongono due fluidi che abbiano gran tendenza a combinarsi, a mettersi in equilibrio, e che manifestano diversi effetti quando quest' equilibrio vien rotto in un corpo: quest' opinione è la più universalmente adottata in Francia; perchè forse si presta più facilmente a la intelligenza dei fenomeni. L'altra debbesi al celebre Franklin; essa suppone l' esistenza di un solo fluido capace di penetrare tutt' i corpi, e le cui differenti proporzioni in più od in meno producono tutt' i fenomeni di attrazione e di ripulsione: di quì derivano le denominazioni di *elettricità positiva* od *in più*, quando il corpo si suppone carico in eccesso di fluido rispettivamente agli altri corpi; di *elettricità negativa* od *in meno*, quando si crede trovarsi nello stato opposto. Questo sistema più generalmente seguito in Inghilterra, ove vien anche convalidato da taluni sperimenti, è commendevole per la sua semplicità, e sembra agli occhi della ragione più sodisfacente dell' altro che gratuitamente suppone l' esistenza di due fluidi identici per gli effetti e per la maniera di svi-

lupparsi. In quest' ultimo sistema, s' indicano ben anche le due elettricità coi nomi di *positiva* e *di negativa*, ma più ordinariamente di *vitrea* e *resinosa*, dappoichè la resina ed il vetro si trovano ordinariamente constituiti in istati elettrici opposti.

277. Per ordinare lo studio dei fenomeni dell' elettro-magnetismo, osserveremo in primo luogo in quali circostanze questo fluido, ch'è diffuso da per tutto in natura, ch'esiste sempre in maggiore o minor quantità ne' corpi, si manifesta a' nostr' occhi con azioni inaspettate, sorprendenti, bizzarre ancora, differenti infine da tutte quelle che finora abbiamo studiate. Farem conoscere in seguito con quali mezzi siamo pervenuti ad impadronirci di questi fenomeni, a produrli volontariamente, a simplificarli, a riconoscere la loro presenza quando sembra affatto nascosta, a distinguere per così dire la loro natura, finalmente a farli produrre effetti degni della più grande considerazione. I fenomeni naturali che derivano dall' elettricità ci occuperanno in una terza sezione; in una quarta l' elettricità per contatto ci somministrerà la spiegazione di molti fatti straordinari, e per noi diventerà instrumento possente e singolare di scomposizione, instrumento che può financo metterci su la strada che conduce a la conoscenza della natura intima de' corpi; ci terranno appresso occupati i fenomeni delle correnti elettriche, che hanno fatta scoprire l'identità del magnetismo e dell'elettricità: da ultimo finiremo con la sposizione degli effetti delle calamite e de' corpi calamitati, e con quella del magnetismo del globo terrestre.

SEZIONE PRIMA.

Sviluppamento dell' elettricità.

278. Ignorasi la vera cagion produttrice de' fenomeni elettrici; ma la sperienza ha fatto riconoscere parecchie circostanze nelle quali essi si appalesano con maggiore o minore energia. Il numero di siffatte condizioni favorevoli a lo sviluppamento dell' elettricità cresce di giorno in giorno in ragione che si multiplicano le sperienze, che si perfezionano i mezzi d' investigazione; di maniera che naturalmente ne viene il pensiero che i corpi non soggiacciono a veruna modificazione senzacchè si operi produzione di elettricità, vale a dire, mutamento nella quantità del fluido elettrico che contengono. Ma gli effetti elettrici più pos-

senti si ottengono principalmente mediante lo stropiccio ed il contatto di taluni corpi. Il calore, la compressione, diverse combinazioni chimiche, parecchi animali sono anche cagioni produttrici di elettricità.

279. Quando si stropiccia un bastone di cera di Spagna o di vetro con un pezzo di panno, con una pelle di gatto, si osserva che accostandovici il dito, si producono piccole scintille; se si mette in poca distanza dai corpi leggieri, questi si precipitano sur esso con impetuosità: dippiù, nell' oscurità, il bastone di vetro apparirà leggermente luminoso. A capo di dato tempo, dopo lo stropiccio, tali effetti cessano di manifestarsi; ma si possono riprodurre semprecchè si vuole stropicciando nuovamente il corpo. Non credasi però che soltanto il vetro e la resina lascino sviluppare elettricità per istropiccio: moltissime sostanze sono nel medesimo caso, e sembra anche che tutte possano trovarvicisi quando stiano isolate; dappoicchè quando una persona sta situata, per es., sur un tondo di resina, dà scintille toccata con una pelle di gatto. Dunque lo stropiccio che noi abbiam veduto produrre calore, è mezzo possente per isviluppare l'elettricità, ed esso in fatti viene adoperato nelle diverse macchine elettriche.

280. Se la compressione non è una delle cagioni atte a produrre con molta energia l'elettricità, pare nondimeno che possegga in moderato grado quest' attitudine: ogniqualvolta due o più corpi si comprimono uno contro l' altro, assumono opposto stato elettrico; questo fatto vien comprovato da numerose sperienze instituite dal Sig. Becquerel sul proposito. Il semplice contatto di due sostanze basta anche molte volte a sviluppare elettricità, e si è ancora pervenuto con questo mezzo a produrre effetti tanto possenti, che noi dovremmo ad esso consecrare una sezione particolare.

281. In una quantità di operazioni chimiche, come nel cangiamento di stato o nella combinazione de' corpi, accade pure sviluppamento di elettricità, che si può risguardare come risultamento della compressione o del contatto di molecole di differente natura. Finalmente riscaldando diverse sostanze le si fanno manifestare segni evidenti di elettricità; e vi sono molti pesci provveduti di un apparecchio mercè del quale provocano in modo istantaneo lo sviluppamento di gran quantità di elettricità, e per tal maniera dirigono sui loro nemici o su le loro prede commozioni fulminanti.

282. Ogni qualvolta evvi sviluppamento di elettricità, o per istropiccìo fra due corpi, o per contatto, o per ogni altro mezzo, siffatti corpi produttori di elettricità si trovan sempre constituiti in differenti stati elettrici, vale a dire che se uno è elettrizzato positivamente, l' altro il sarà negativamente. Offrono essi in tal caso il fenomeno costante di rispingere i corpi caricati d'elettricità della medesima specie, e di attirare quelli di elettricità contraria, fenomeno che si manifesta a qualche distanza: da ciò conchiuder dobbiamo che simili effetti han luogo perchè nel primo caso, i due corpi si trovano già soprabbondantemente carichi di fluido elettrico, o ne mancano tutti e due; mentrecchè nel secondo l' uno essendo più caricato dell' altro, tendono a reciprocamente avvicinarsi, per dividersi la quantità di fluido e ristabilire l'equilibrio.

283. La sfera di attività di un corpo elettrizzato si estende intorno intorno a questo, e decresce in ragione inversa del quadrato della distanza: un tal fatto è stato dimostrato da Coulomb. Da ciò risulta che tutt'i corpi i quali si trovano fra i limiti della sfera di attività di questo corpo debbono risentire l' influenza della sua elettricità. Due corpi differentemente elettrizzati potranno dunque reciprocamente paralizzare in tutto od in parte la loro azione, e per conseguenza non dar segni di elettricità se non quando cesseranno di estendere la loro sfera di attività fino a data distanza. Quest' effetto aver non può luogo se non quando un ostacolo si frappone a la loro unione; chè senza di questo la tendenza al ristabilimento dell' equilibrio provoca il corpo sopraccaricato a diffondere l'eccesso di questo fluido sull'altro corpo, il che si opera per insensibile comunicazione, oppure con una scarica espulsiva il più delle volte accompagnata da luce.

284. I corpi, rispettivamente all' elettricità, van divisi in due classi, in buoni ed in cattivi conduttori: non si è scoperta alcuna proprietà che stia in rapporto con la facoltà conduttrice; ma la sperienza ha insegnato che i metalli e la maggior parte dei liquidi, come anche il vapor dell' acqua, le sostanze vegetabili ed animali fresche, la paglia, il lino sono conduttori, e per lo contrario le sostanze resinose e vitree, il grasso, lo zolfo, la seta, i gas secchi sono cattivissimi conduttori. Si chiama *buono conduttore* il corpo che trasmette ed abbandona istantaneamente tutta l' elettricità soprabbondante di cui si trova caricato o che gli è somministrata, e *cattivo conduttore* quello

che cede a poco a poco ed in piccole porzioni la sua elettricità ai corpi circomposti; in questi l'elettricità si sviluppa con la massima energia; perciò gl' Inglesi li chiamano indifferentemente *corpi elettrici* ossia *non conduttori*: son essi adoperati per comunicare l'elettricità ed accumularla su gli altri corpi mediante gl' *isolatori*. Di fatti se un corpo conduttore si circonda per ogni lato con sostanze non conduttrici, e gli si comunica elettricità, esso sarà costretto di conservarla fintantocchè non gli si presenti opportunità a scaricarsene, oppure fintantocchè, caricato in troppa abbondanza, produca esplosione e così scarichi l'elettricità accumulata. Un corpo conduttore nel quale l'elettricità si trovi per tal maniera ritenuta da' corpi non conduttori, si dice *isolato*, e debbe esser disposto in tal guisa per produrre un effetto: chè altrimenti, per effetto della sua forza conduttrice stessa, trasmetterebbe al *serbatoio comune* istantaneamente tutta l'elettricità che gli venisse porta, e non sarebbe atto a manifestare il benchè minimo effetto. Il globo terraqueo chiamasi serbatoio comune.

Giacchè l'elettricità non rimane ne' corpi conduttori se non perchè quelli che non lo sono si oppongono a la sua trasmissione, è naturale ch' essa trovar si debba interamente accumulata a la loro superficie; ed infatti la sperienza ha fatto riconoscere che il centro di tal corpo non manifesta alcun effetto. L'aria è cattivissimo conduttore quando è secca, ma la sua facoltà conduttrice cresce considerevolmente per l'umido che contiene; questa cagione rende talune volte tanto difficili le sperienze elettriche. Del resto i corpi sembrano sempre opporsi più o meno a la trasmissione del fluido elettrico; dappoichè nel vòto esso diffondesi con la massima facilità e sotto forma di luce bianca continua. Non ancora si è potuto determinare la sua velocità di trasmissione, essendo, come quella della luce, istantanea per rispetto a gli spazi che offre il nostro globo.

SEZIONE II.

Mezzi atti a produrre ed a riconoscere l'elettricità.

285. Quando si presenta il dito ad un corpo e se ne ottengono delle scintille, si riconosce ch'esso è già elettrizzato; ma questo processo non è mezzo di misura, non indica la natura, nè la quantità di elettricità: dippiù non

sarebbe scevro di pericolo ove la scarica fosse troppo forte ed il corpo buon conduttore. Per questo i fisici hanno subito dirette le loro ricerche ad inventare instrumenti mercè dei quali riconoscer si potesse la presenza e la natura dell' elettricità, e ravvisare il grado di sua energia: tali sono gli *elettroscopi* o gli *elettrometri*, che son fondati su le proprietà attrattive e ripulsive de' corpi, in ragione della quantità di fluido elettrico che contengono, e che son tutti composti di piccoli corpi leggieri e mobili; questi talune volte consistono semplicemente in due palle di midolla di sambuco sospese ad un filo di lino, e situato in diverse posizioni sopra differenti macchine, oppure sur un sostegno isolante, *fig.* 89; tal'altre son costituiti da due lamine sottilissime di oro o di paglia, rinchiuse in una bottiglia di vetro, e comunicanti con uno stelo metallico ch'esce fuora pel collo di quella, *fig.* 91; non di rado finalmente, siccome nell' elettrometro di Haüy; consiste in una spranga metallica mobile sur un sostegno, La bilancia di ritorcimento di Coulomb, da noi descritta al § 37, con talune leggere modificazioni, addiviene anche elettrometro; ed è anzi il più suscettivo di esattezza, e sovente chiamasi *bilancia elettrica*. In tutti questi apparecchi, quando si avvicinano de' corpi mobili nello stato naturale, oppure de' fili conduttori che gli sostengono ad un corpo elettrizzato, si riconosce la presenza dell' elettricità, perchè vengono attirati quando l' elettrometro è composto di un solo mobile, e si allontanano l'uno dall'altro quando ve n'ha due: quest'ultimo effetto vien prodotto dall'influenza del corpo elettrizzato, il quale comunica ai due mobili un eccesso di elettricità dello stesso genere, ond'è ch'essi debbonsi rispingere. S' intende che l' effetto prodotto da quest'azione debb'essere proporzionale a la forza che agisce; si potrà dunque valutare l' intensità di questa forza misurando l' allontanamento de' mobili. Questi effetti si manifestano, tanto se il corpo sia elettrizzato positivamente quanto se negativamente; ma per determinare la specie di elettricità del corpo che si suggetta all' esperienza, basta esaminare se attira o se rispinge un mobile cui precedentemente siasi comunicata una specie di elettricità conosciuta.

286. Lo sviluppamento di elettricità che si ottiene stropicciando un bastone di vetro o di resina è poco considerevole; ma si supplisce ogni qualvolta si desiderano effetti energici con le *macchine elettriche*. Vi sono molte di queste macchine; ma la più in uso è quella rappresentata da la *fig.* 90: consist' essa in un disco di vetro

PP, di varia dimensione, che vien premuto e quindi strofinato da quattro cuscini di seta C C pieni di crine ed avviluppati in taffettà verniciata; quando si fa girare il disco mediante il manubrio, si sviluppa gran quantità di elettricità, che in virtù della proprietà delle punte, vien sottratta a poco a poco, e va ad accumularsi nel corpo conduttore HH, cui si dà forma e dimensione a piacere, ma le cui estremità si fanno terminare da punte, per meglio ritenere il fluido. Facendo comunicare i cuscini col serbatoio comune, si ottiene sorgente costante e copiosa di elettricità, con che si posson fare moltissime curiose esperienze.

287. Abbiam veduto che i corpi nello stato naturale vengono attirati da un corpo elettrizzato; ma essi presentano differenze ne' loro effetti, secondo che sono o non sono conduttori. In quest' ultimo caso restano applicati l'uno sull'altro, e per lo contrario quando sono conduttori, a cagione della scomposizione e della cessione del fluido che contengono, appena ha luogo il contatto, si rispingono; ma se con un mezzo qualunque si toglie l' elettricità da uno di questi corpi, essi attirsnsi di bel nuovo; su questo principio son costrutti taluni apparecchi curiosi e dilettevoli chiamati *scampanlo, mulino, dansa elettrica*; apparecchi ne' quali diversi corpi vengono alternativamente attirati o rispinti, e per conseguenza possono battere sur una campana con colpi raddoppiati, possono girare, o saltare in aria.

288. Gli effetti della macchina elettrica, già tanto energici, possono anche esser considerevolmente amplificati col cumulare l' elettricità in un corpo. Se si comunicano elettricità contrarie a le due superficie di un corpo elettrico, oppure a due corpi conduttori separati da uno non conduttore bastantemente sottile, le due elettricità non possono riunirsi e distruggersi con la loro unione, ma s' influiscono energicamente l' una sull' altra; il corpo in questo stato si chiama *caricato*, e si chiama *scarica o commozione elettrica* la riunione delle due elettricità, che si opera facendo comunicare le due superficie o i due corpi mediante un conduttore. Si comprende che questa scarica è tanto più forte per quanto i corpi sono più elettrizzati, e che quest' accumolo dipende da la maggiore o minore influenza che esercitano l' uno sull' altro, fino al segno in cui la forza dell' attrazione elettrica sarebbe bastante a rompere l' ostacolo che si frappone a la riunione dei fluidi. Su questo principio poggia tutta la teorica dell'*elettricità cumulata*, e

la costruttura di moltissimi apparecchi mercè de' quali si arriva da una parte a determinare le più piccole quantità di elettricità riunendole, e dall' altra si ottengono scariche violentissime.

289. L'*elettroforo* ed il *condensatore* sono apparecchi destinati a riconoscere la presenza delle minime quantità di elettricità sviluppata. Quest' instrumenti, a cui si danno forme svariate, che si compongono con diverse sostanze, vengono essenzialmente constituiti, siccome lo abbiamo superiormente indicato, di due corpi conduttori, separati da una sostanza non conduttrice; qualche volta evvi solamente un corpo conduttore situato su la superficie elettrica. Quando si comunica una leggiera quantità di elettricità al corpo conduttore, accade che il fluido dell' altro corpo viene scomposto da la sua influenza di maniera che ne paralizza l' azione; si posson dunque aggiungere nuove quantità di elettricità le quali agiranno della medesima guisa, e si accumuleranno successivamente. Allora, facendo cessare l' influenza del conduttore, si potrà determinare questa elettricità accumulata come si pratica ordinariamente. Facendo comunicare il corpo collettore col serbatoio comune, quest' accumolo altro limite non ha se non l' istante in cui la forza di attrazione supera la resistenza della sostanza conduttrice, oppure de' corpi isolanti, nel qual caso succede esplosione e combinazione delle due elettricità.

Ciò basta per farci intendere all' istante tutti gli apparecchi co' quali si accumulano grandi quantità di elettricità, e quindi si ottengono effetti sorprendenti per la loro violenza. Di fatti tutti questi apparecchi non sono se non un condensatore di diversa figura, del quale un disco si fa comunicare col serbatoio comune, e l'altro si mette a contatto con una macchina elettrica in movimento. La scomposizione successiva del fluido vi si opera, come antecedentemente abbiamo esposto, e prima che possa restar vinta la resistenza del corpo isolante, i due dischi si trovan constituiti in differente stato elettrico; fino a tanto che restano isolati, il loro effetto si estingne reciprocamente, ed è insensibile; ma ove si stabilisca la comunicazione mediante un corpo conduttore, la combinazione ha luogo all' istante, e succede violenta commozione. Nella pratica quest' effetto si promuove mediante un *incitatore*, *fig.* 92, che consiste in un arco metallico conduttore dell' elettricità, provveduto di manico isolante.

290. Le più usitate macchine per produrre tali violente

scariche sono le seguenti: il *quadro fulminante*, composto di una piastra di vetro ricoperta ad entrambe le facce da una foglia di stagno; la *bottiglia di Leyde*, scoperta per azzardo da Mussembroeck, e che menò seco la scoperta di tutti gli altri apparecchi. È dessa una bottiglia di vetro, *fig.* 93, esternamente ricoperta da una lamina di stagno, ed internamente tapezzata di foglie d' oro; un asta metallica, terminata da un bastone, sta immersa nell' apparecchio, che si carica tenendolo in mano afferrato per la lamina metallica esterna, e presentando il bottone di rame al conduttore di una macchina elettrica; ad ottenere effetti anche più energici, si riuniscono più bottiglie mediante conduttori comuni; quest' apparecchio chiamasi *batteria elettrica*, con le scariche della quale si può bruciare il ferro, l' oro, la maggior parte de' metalli, uccidere animali in grandi distanze, finalmente produrre infiniti portentosi fenomeni.

SEZIONE III.

Fenomeni naturali dell' elettricità.

291. Abbiam veduto le batterie elettriche manifestare grande energia nell' agire, e produrre effetti violentissimi: siffatte considerazioni ci condurranno a la scoperta della cagione de' principali fenomeni dell' elettricità naturale, e specialmente del fulmine e del tuono, che sono vere scariche elettriche.

Il nostro globo è un serbatoio comune, che si può risguardare come sorgente immensa di elettricità: noi dunque non saremo sorpresi, se fra le tante e varie operazioni che han luogo su la sua superficie, una porzione del fluido elettrico divenghi libera o sia assorbita, donde risulterà rottura di equilibrio. Già conosciamo le proprietà delle punte; debbe credersi per conseguenza che lo svilnppamento e l'assorbimento del fluido elettrico nell' atmosfera sia prodotto in ispecialtà dall' eminenze che s' innalzano da la superficie del globo, non che da le punte dilicate degli alberi: del resto quest' assertiva vien confermata dall' esperienza, dappoichè osserviamo gli uragani essere frequentissimi ne' paesi intersecati da montagne e da boschi, e 'l fulmine ordinariamente cadere su gli oggetti elevati, e soprattutto su gli alberi che con le loro cime sembrano minacciare le nuvole.

292. Dall' aver le punte la proprietà tanto di assorbire

che di trasmettere il fluido soprabbondante (1), ne risulta ch' esse tendono perpetuamente a ristabilire l'equilibrio con azioni lente ed insensibili; ma non possono agir così in tutte le circostanze. Di fatti se supponghiamo che una porzione del fluido, per qualunque cagione, venga messa in libertà, questa subito tenderà a disperdersi, e, favorita dall' azione delle punte, si disperderà nell' atmosfera; quivi potrà seguire le correnti dei vapori di acqua, che sono conduttori migliori dell'aria, e per conseguenza accumularsi nelle nuvole, nella guisa stessa che abbiam veduta l'elettricità accumularsi in un corpo conduttore isolato: debbe anche pensarsi che una porzione dell' atmosfera venga prodotta da la svaporazione dell' acqua (2), e dal condensamento

---

(1) Questa doppia facoltà attribuita a le punte di sottrarre cioè e trasmettere l' elettricità, è una specie di contraddizione che il sig. Pouillet ha fatta notare ne' suoi corsi pubblici; intanto, siccome finora si sono spiegati i fenomeni, coll' ammettere questa doppia proprietà, così noi ci limitiamo a semplicemente annunziarla, e rimettiamo quelli fra i leggitori che volessero approfondire questa teorica all' opere dell' illustre professore. T. R.

(2) L' elettricità dell' atmosfera non vien prodotta da lo svaporamento dell' acqua, siccome erasi per lungo tempo creduto. Ecco talune altre riflessioni che servono di complemento a quanto l' autore ha detto intorno all' elettricità atmosferica.

Le nuvole procellose sono elettrizzate alcune positivamente, altre negativamente: le due elettricità si ricompongono e si distruggono reciprocamente; di qui il *lampo*, il quale altro non è se non l' effetto di questa ricomposizione. Nel corso di un anno dunque, nell'atmosfera si riproduce tanta elettricità per quanta ne distruggono le tempeste, e gli altri fenomeni elettrici. Qual sarà mai l' origine di questa prodigiosa quantità di elettricità? Volta era di avviso che i corpi guadagnassero elettricità col mutare stato, e che il vapor d' acqua che continuamente s' innalza sui continenti e sul mare si trovasse elettrizzato pel solo passare a lo stato di fluido elastico. Sperienze fatte dal sig. Pouillet, con l' attenzione e col talento che lo distiugnono, non hanno confermata l' ipotesi di Volta, e lo han condotto a pensare, per lo contrario, che il mutamento di stato de' corpi non fa sviluppar mai elettricità, ma che abbisogna ripetere questo svolgimento dell' elettricità, nelle sperienze fatte prima di lui, da azione chimica che aveva luogo fra gli elementi de' corpi ed i vasi che gli contenevano.

Senza ingolfarci ne' particolari delle sperienze del Sig. Pouillet, daremo qui appresso i risultamenti cui è pervenuto.

I gas sviluppano elettricità quando si combinano o fra essi, ovvero co' corpi solidi e liquidi. In siffatte combinazioni l' ossigeno svolge sempre elettricità positiva, ed il corpo combustibile, qualunque sia, elettricità negativa; per lo contrario nelle scomposizioni, ciascuno degli elementi trovandosi mancante dell' elettricità che aveva sviluppata, si trova in opposto stato elettrico. Le diverse parti delle piante agiscono sull'aria atmosferica; e delle volte a spese dell' ossigeno formano una quantità di acido carbonico sufficientemente grande, che si sviluppa insensibilmente, delle

e rarefazione de' vapori fenomeni ne' quali han luogo moltissime circostanze le quali tendono a pruovare l'identità del fluido del calore e di quello dell'elettricità. Che che ne sia, se la quantità di fluido di cui si trova carica una nuvola continua ad aumentare e si avvicina bastantemente ad un luogo del globo o ad altra nuvola elettrizzata in contrario, verrà un istante in cui avrà luogo una scarica. In questo caso tutti gli effetti che succederanno si potranno paragonare a ciò che accade nelle scariche delle nostre macchine elettriche, per le quali si produce luce, rumore, combustione, ec. Bisognerà solamente amplificare i risultamenti, avuto risguardo all'energia della cagione che li produce. Di questa maniera si può facilmente spiegare la produzione degli uragani, del lampo, del tuono, della grandine, e della maggior parte degli effetti tanto singolari e tanto bizzarri del fulmine; dicasi lo stesso del fulmine ascendente, ch'è occasionato dall'istantaneo ristabilimento dell'equilibrio elettrico in un corpo (1).

293. La proprietà delle punte di sottrarre elettricità (2),

---

volte esalano ossigeno puro, provveniente da talune combinazioni che accadono nell'interno della pianta. Ma l'acido carbonico per legge di sua formazione è elettrizzato vitreamente: ne risulta dunque che le piante, per la loro espirazione di quest'acido nell'aria, debbono produrre una quantità più o meno considerevole di elettricità vitrea. Dunque l'azione de' vegetali sull'ossigeno dell'aria è una delle più possenti cagioni dell'elettricità atmosferica; e se si pon mente che un gramma di carbon puro, passando a lo stato di acido carbonico, svolge elettricità bastevole a caricare una bottiglia di Leyde, e dall'altra parte che il carbone il quale serve a constituire i vegetali non dà minor quantità di elettricità del carbone che brucia liberamente, si può conchiudere, dice il Sig. Pouillet, che sopra una superficie di vegetazione di cento metri quadrati, in un giorno si produce elettricità più di quella che basterebbe a caricare la più forte batteria elettrica. — T. R.

(1) Anche quando si sta molto lontano dal luogo in cui il fulmine scoppia, si può rimaner gravemente ferito oppure ucciso in seguito all'esplosione. Suppongasi in fatti un uomo situato verticalmente sotto una dell'estremità di una lunga nuvola elettrizzata vitreamente e nella sua sfera di attività, il fluido vitreo essendo scagliato su la terra dall'azione ripulsiva dell'elettricita della nuvola, quest'uomo sarà elettrizzato resinosamente. Se una cagione qualunque determina allora la scarica totale dell'altra estremità della nube su la terra, al medesimo istante il fluido vitreo, non trovandosi più rispinto, rimbalzerà dal suolo nel corpo dell'uomo con una rapidità ed un abbondanza tanto più grande quantoppiù considerabile era l'energia elettrica della nuvola avanti l'esplosione. Questi movimenti instantanei del fluido elettrico, diretti da basso in alto, han ricevuto il nome di colpi di rimbalzo (*Annales de Physique*) — T. R.

(2) Siccome abbiam detto, le punte non sottraggono elettricità; per lo contrario lasciano scappare quella ch'è capace di combinarsi con la nube tempestosa, e riescono così a ristabilire l'equilibrio de' due fluidi. T. R.

e la tendenza che ha questo fluido a traversare i corpi conduttori, han fatto sorgere a Franklin l'idea de' *parafulmini*. Son questi composti di una spranga metallica più o meno lunga che si colloca su le più alte sommità, e comunica col serbatoio comune mediante una catena di metallo o pure una corda di fila di ferro o di latta. I *paragrandini* (1), inventati recentemente dal Sig. Lapostolle, non sono altro che parafulmini, ma più semplici e meno dispendiosi; essi consistono in lunghe pertiche, che si conficcano nel suolo e vengono terminate da piccole punte metalliche; queste comunicano col serbatoio comune mediante un filo di latta ed un inviluppo di paglia che ricopre tutta la pertica. Questi apparecchi diminuiscono l'intensità dell'elettricità accumulata sottraendola a poco a poco e dippiù, prestandosi facilmente al corso del fluido, offrono il vantaggio di preservare i corpi circostanti, nella maggior parte dei casi, allorchè ha luogo una scarica.

294. Ogni qualvolta l'elettricità passa da un corpo in un altro, istantaneamente ed in distanza, tal passaggio è accompagnato da scintilla o da esplosione, e per conseguenza da produzione di luce (2). Lo splendore di questa luce e la violenza del rumore che accompagnano l'esplosione dipendono da la quantità del fluido. Il colore di tal luce per lo più è leggiermente violaceo, ma cangia in proporzione dei mezzi che attraversa; producesi anche nell'acqua. Quando la comunicazione dell'elettricità accade per mezzo di corpi più o meno buoni conduttori, si manifestano piccolissime scintille, ed il fluido sembra che scorra come per un getto continuato: abbiamo già detto che nel vôto questo getto è luminoso ed osservasi conformato in particolar maniera: esso produce i così detti *fiocchi luminosi*.

---

(1) Indubitatamente i migliori paragrandini sono le assicurazioni scambievoli, e le società di agricoltura acquisteranno diritti a la pubblica riconoscenza, se seconderanno questi utili stabilimenti (*a*). T. R.

(2) I fisici inglesi credono generalmente che le scintille le quali si tirano da un corpo elettrizzato positivamente o negativamente non sono simili; osservazione importante con la quale sostengono il sistema di Franklin. Vedete *Treatise on electricity by* Cavallo, ed i suoi *Elements of natural philosophy*, 3.° vol.

(*a*) Le assicurazioni, di cui fa parola il Sig. Richard, si effettuiscono mediante un contratto fra i proprietari di un comune, di un circondario, di un distretto, ecc., col quale s'impegnano a rivalere i proprietari danneggiati da la grandine in proporzione della perdita presuntiva che la meteora loro ha cagionato, ognuno contribuendo in proporzione de' fondi, che, se fossero stati danneggiati, avrebbono avuto dritto a compenso. — *I Tradutt.*

Se ne osservano qualche volta anche all'estremità delle punte, allorchè lo svolgimento dell' elettricità è molto considerevole.

295. Quando l' elettricità si svolge in abbondanza, si sente odore molto somiglievole a quello del fosforo; ricevuta su la lingua cagiona la sensazione di un sapore particolare; comunicata ad una parte qualunque del nostro corpo, produce un fremito più o meno molesto in proporzione della energia della scarica e della sensibilità della persona. Quando la scarica è considerevole produce negli organi una scossa violenta e penosissima; può anche istantaneamente far morire gli animali ed i vegetali.

296. Pare che l' elettricità eserciti grandissima influenza nella produzione della maggior parte de' fenomeni naturali, e specialmente di quelli che han luogo negli esseri organizzati; però siam costretti di confessare che su quest' articolo le nostre cognizioni son poco avanzate. È almeno incontrastabile la sua azione su la maggior parte dei corpi: così l' acqua suggettata a replicate scariche sviluppa idrogeno ed ossigeno, ciò che indica esser essa in parte scomposta: così pure un' altra sperienza dimostra che l' elettricità dispone le molecole dell' acqua, e probabilmente anche quelle di tutti gli altri corpi, in uno straordinario stato ripulsivo; di fatti, l' acqua che sgorgava goccia a goccia da gli orifizi capillari di un vase, si vede spicciare a getti divergenti. È noto che l' elettricità rende più attiva la vegetazione, aumenta la traspirazione degli animali, la svaporazione delle frutta, delle foglie, ed in generale di tutt' i corpi. Le scariche elettteriche fanno anche mutar colore a taluni fiori dilicati, e producono quantità di combinazioni e scomposizioni chimiche; una picciolissima scintilla basta ad infiammare parecchie sostanze infiammabili; una commozione può distruggere la proprietà magnetica di una calamita, o farla crescere, oppure può invertirne i poli; finalmente questo fluido offre un' altra quantità di fenomeni che non ancora si è arrivato a suggettare ad analisi, e che riuscirebbe lungo il qui enumerare.

297. Abbiamo annunziato che il calore in taluni corpi sviluppa la proprietà elettrica: anche su quest' obbietto le nostre cognizioni son molto limitate; ma è noto che in molte sostanze minerali, e soprattutto nella tormalina, per tale influenza si constituiscono poli di attrazione e di ripulsione, che si comportano coi corpi elettrizzati assolutamente come le calamite coi corpi magnetici.

296. Finalmente conosciamo quattro pesci (1) che hanno la proprietà di produrre a volontà violentissime scosse elettriche; tali sono la torpedine, specie di raia, il ginnoto elettrico, ossia anguilla del Surinam, il siluro ed il tetrodon elettrico. Osservasi che gli organi destinati a sviluppare il fluido son composti di cellule piene di materie gelatinose, e si suppone che questa produzione si operi mercè d'una reazione delle parti muscolose su le parti gelatinose; ma per verità ignorasi di qual maniera la cosa accada, e come mai si determini questa reazione. (2)

SEZIONE IV.

Elettricità per contatto, ossia galvanismo.

299. Abbiamo già annuziato che il contatto di talune sostanze faceva sviluppare elettricità molto energica; di fatti è questo uno dei mezzi più efficaci per isolare il fluido elettrico, e per conseguenza tutt' i fenomeni che risultano da questo isolamento debbono manifestarsi con analoga intensità. Sembra che, date opportune circostanze, tutt' i corpi messi a contatto a due a due, e per taluni anche i frammenti di un medesimo corpo, in diverse posizioni, sieno suscettivi di sviluppare elettricità; quindi già si prevede che tali effetti debbonsi osservar frequentemente, e che debbono influire a la produzione di numerosi fenomeni naturali. Ma noi limitandoci ad esporre quanto evvi di positivo in questa parte della scienza, dobbiamo far soltanto conoscere quali sostanze agiscano con maggiore energia ed in quali condizioni; indicheremo in seguito i principali risultamenti di quest' azione.

(1) Al presente si conoscono con certezza sette pesci elettrici. Essi sono il *gymnotus electricus*, il *silurus electricus*, la *torpedo narke risso*, la *torpedo unimaculata*, la *torpedo marmorata*, la *torpedo Galvanii*, e 'l *tetraodon electricus*. — *I Tradutt.*

(2) Crediam necessario descriver meglio l' apparecchio produttore di sì curioso fenomeno negli animali succennati. Esso consiste in tutti, meno poche leggiere variazioni, in un doppio piano di lamine, e di cannelli aponenrotici situati simetricamente da ciascun lato della testa, e ripieni di un liquido albuminoso e gelatinoso: in ciascuno di questi cannelli si distribuiscono numerosi fascetti nervosi, i quali sono gli strumenti produttori dello sviluppamento del fluido, giacchè recisi, ovvero togliendosi il cervello e la midolla spinale, l' organo rimane paralizzato: sembra che allorquando l' animale vuol produrre una scarica elettrica non faccia altro che soffregare e mettere a mutuo contatto questa moltitudine di superficie umide. Chi non ravvisa in questo apparecchio un analogia sensibile con la pila del Volta? — *I Tradutt.*

300. Galvani fu il primo de' fisici ad osservare lo svolgimento dell' elettricità per contatto di due sostanze (1); mentre dissecava delle ranocchie, avendole per azzardo toccate con ferro e latta, rimase sorpreso per le violente contrazioni che si manifestavano ne' loro muscoli, e per le convulsioni che agitavano le loro membra. Fra le mani di questo dotto sagace tale osservazione non restò sterile, e variando le sperienza, riconobbe che questi effetti derivavano dal contatto de' due metalli, e si riproducevano anche quando si metteva in comunicazione un nervo con un muscolo; dal che ne dedusse l' esistenza di una elettricità particolare, che denominò *animale*, e che supponea circolare quando sostanze eterogenee si trovassero in comunicazione. I fisici, adottando in generale le sue idee, furono indotti ad ammettere un nuovo fluido che chiamarono *galvanico*, dal nome di colui che il primo ne aveva scoperti gli effetti. Ma un' analisi più esatta dei fenomeni dimostrò l' identità compiuta dell' elettricità e del galvanismo. Il celebre Volta osservò dapprima che le convulsioni prodotte nelle membra delle ranocchie e generalmente di tutti gli animali non erano manifeste, se non quando si mettono in comunicazione i nervi ed i muscoli, mediante due metalli, del pari che applicando sopra ciascuna superficie della lingua una piastra di differente metallo, appena si mettono a contatto le due piastre, si sente un sapore particolare, e gli occhi avvertono una leggiera scintilla. Queste osservazioni lo indussero ad opinare che le convulsioni della ranocchia e tutt' i fenomeni galvanici erano il prodotto degli stati elettrici differenti che i due metalli, ed in generale due sostanze eterogenee, assumono quando si mettono a contatto immediato; ne conchiuse parimente che la ranocchia, ed in generale i corpi conduttori interposti fra le due sostanze, servivano a stabilire la comunicazione fra loro; ciò che lo menò a la scoperta di quel mirabile instrumento che si chiama *pila di Volta*, *pila galvanica*.

301. Il fisico testè citato cimentando l'azione di diverse sostanze, riconobbe che il migliore incitatore era lo zinco messo a contatto col rame o coll' argento, ed in comunicazione con un liquido e soprattutto con un liquido acido.

(1) Il ch. cav. Cotugno s' imbattè prima del Galvani nel fatto dell' elettricità animale. Vedi la sua *Lettera al Sig. cav. D. Gio. Vivenzio, risguardante l' elettricità del Sorcio.* Nap. 1784, il *Giorn. Encic.* di Bologna, n.° VIII, 1786, e finalmente le opere sul galvanismo d' Irzarn, sez. 1, e di Sue Cap. 2. = *I Tradutt.*

dato: per conseguenza la pila che dapprima avea la forma di una colonna, *fig.* 94, composta di dischi di rame e di zinco saldati o messi a contatto, di cui ciascuna coppia era separata da rotelle di panno umidi, che fu in seguito composta di piastre diverse per forma e dimensioni, risultanti anche esse di rame e zinco saldati insieme, ed immersi in un vaso pieno di liquido acidolato, che oggigiorno per lo più si construisce nel modo che rappresenta la *fig.* 99, vien sempre essenzialmente formata da zinco e rame messi in intimo contatto, a fin di produrre sviluppamento di elettricità. Un apparecchio composto di un sol paio di piastre non dà elettricità sensibile, nè quella che svolge puossi valutare col condensatore; ma riunendo più paia mediante un buon conduttore quale sarebbe un liquido acidolato, dando a quelle grandiose dimensioni, finalmente facendo comunicare uno degli elementi col suolo, vedrassi agire quest' instrumento con energia straordinaria. È noto che a dati uguali, val dire essendo il contatto e la comunicazione al meglio possibile perfetti, l' elettricità che si sviluppa è in ragione della quantità e della superficie (1) delle piastre (2).

302. Quando un apparecchio di questa fatta sta isolato, non può attignere il fluido, che si constituisce in due differenti stati, se non dal suo proprio fonte; ne risulta dunque che la piastra centrale non manifesterà alcuna tensione elettrica, e che la tensione delle altre aumenterà a misura che si allontaneranno dal centro, in guisa però che sarà positiva da una parte e negativa dall' altra. Se per lo contrario l' instrumento comunica col serbatoio comune, questo somministrerà il fluido scomposto, ed in tal caso la tensione elettrica aumenterà continuamente in ciascuna piastra cominciando da quella che comunica col suolo; l'elettricità che si ottiene per tal maniera ordinariamente (3) è positiva s'è il rame che comunica col serbatoio comune, negativa s' è lo zinco.

---

(1) La tensione elettrica nelle pile anzichè dipendere da la superficie delle piastre dipende piuttosto dal numero di esse (1) — *T. R.*

(2) Il Sig. Mollet di Lione ultimamente ha annunziato che si ottengono effetti molto energici con un apparecchio composto di picciolissimo numero di pezzi di rame da cinque centesimi, e di dischi di zinco simili: egli con questa pila modesta era arrivato a scomporre l' acqua.

(3) Bisogna dire *costantemente* non già *ordinariamente*, stante che non può accadere in maniera diversa. T. R.

(1) Con la differenza però che le pile a grandi lastre spiegano maggiore influenza nel fondere ed accendere i metalli, laddove quelle a piccioli elementi son più efficaci per la scomposizione de' corpi — *I Tradutt.*

303. L' identità del su descritto instrumento con le macchine elettriche (meno la incapacità che han queste di poter continuamente riparare le loro perdite, e somministrar per conseguenza una corrente continuata, in vece di scariche successive), è rigorosamente dimostrata, dappoichè con la pila si possono caricare bottiglie di Leyde, si può riconoscere la sua azione sull' elettroscopio, si può vedere ch' essa agisce su gli elettrometri precedentemente elettrizzati, come sur un bastone di resina o di vetro. Gli effetti di commozione, di combustione che presenta sono anche presso a poco simili; ma nella scomposizione dei corpi agisce con efficacia incomparabilmente più considerevole. Col suo soccorso i chimici moderni hanno ottenuti risultamenti della più grande importanza: hanno scomposta l'acqua, gli ossidi, gli acidi, finalmente gli alcali e talune basi considerate anteriormente come corpi semplici. (1) In tutti questi fenomeni sembra che l' azione della pila consista nello scomporre il fluido naturale contenuto ne' corpi, e nell' isolarlo sopra ciascuno degli elementi costituenti; accade allora che gli elementi elettrizzati in tal guisa positivamente si accumulano al polo negativo della pila, e quelli elettrizzati negativamente al polo positivo. Debbe notarsi che l' ossigeno, il corpo più universalmente sparso in natura, manifesta sempre stato elettrico *negativo*. Debbesi anche por mente che queste scomposizioni possono aver luogo quando le fila, che conducono l' elettricità de' poli della pila, non immettono nel medesimo vase; così per es. nella scomposizione dell' acqua, si può ottenere ossigeno in un vase ed idrogeno nell' altro, di maniera che si è costretto ad ammettere che l' uno o l' altro di questi corpi per l' azione della pila, è stato trasportato da un vase nell' altro. È questo un fenomeno importantissimo, ma molto difficile ad essere spiegato nello stato attuale delle cose.

304. Stando a le sperienze de' fisici, moltissimi fenomeni che offrono i corpi viventi, ossiano organici attribuir si debbono al galvanismo; ma queste sperienze non peranco constituiscono un corpo di dottrina: finora si presentano come ipotesi più o meno ingegnose: noi dunque dobbiamo astenerci dal farne menzione.

---

(1) Aggiungasi che gli effetti di fusione, di evaporazione e di combustione prodotti da questo mirabile instrumento sono portentosi; basti dire che il sig. Children è pervenuto col suo mezzo a fondere il platino e l' iridio, metalli che resistono a la temperatura la più elevata delle migliori fucine (Vegg. gli *Annal. de Chimie* t. XCVI, p. 120.) — *I Tradutt.*

SEZIONE V.

Correnti elettriche, o fenomeni elettro-magnetici.

305. Abbiam veduto che la pila voltaica è una sorgente continuata di elettricità, e che perciò moltissima influenza spiega su i corpi; in questa sezione disamineremo ciò che accade quando si riuniscono i suoi due poli mercè di un filo conduttore: in questo caso ben si comprende che non debbe aver luogo distruzione di elettricità, bensì produzione di *corrente*, stantechè la sorgente del fluido è permanente; il fluido dunque dovrà continuamente circolare da un polo all'altro; e, rispettivamente agli effetti, questa corrente si potrà considerare doppia, una cioè che si stabilisce dal polo positivo al negativo, e l'altra per lo contrario dal polo negativo al polo positivo.

Sapevasi di già che in queste circostanze l'azione elettromotrice della pila non cessava un istante; cosicchè, malgrado la tensione elettrica in questo caso non più si manifesti all'elettrometro ed al condensatore, si sapeva che tuttavia si potevano produrre scomposizioni chimiche. Il sig. Davy aveva sopratutto fatto conoscere l'importante fenomeno d'incandescenza, di calore e di luce prodotto nel vòto, quando i due poli conduttori della pila si situano a poca distanza, oppure se si stabilisce il circuito mediante un carbone; questo corpo splende allora della luce la più vivace; ne emana calore intenso e pur tuttavia non ha luogo combustione di sorta alcuna, nessun atomo del corpo resta consumato: abbiam già fatto ravvisare quanta sia l'importanza di questa sperienza, dappoichè può dessa far totalmente mutare le idee ricevute sui fenomeni chimici, e condurre a la scoperta della cagione del calore e della luce. (1) Che che ne sia, queste osservazioni non menavano ad alcun risultamento pria che il sig. Oersted riconoscesse che la corrente elettrica agiva sull'ago calamitato. D'allora in poi questa parte della scienza è divenuto obbietto delle ricerche di moltissimi fisici, e grazie ai belli lavori de' sigg. Ampère ed Arago ha mutato totalmente di aspetto, atteso la dimostrazione della identità del magnetismo e dell'elettricità.

---

(1) Di fatti il Sig. Davy ha dedotto da la sua sperienza che il calorico potrebbe benissimo essere un composto di fluido elettrico positivo e negativo — *I Tradutt.*

306. Riconobbe dapprima il sig. Ampère che le correnti elettriche si comportano esattamente come le calamite, val dire si attirano o si rispingono reciprocamente, secondo che scorrono nella medesima od in opposta direzione; val dire che danno luogo a poli differenti; val dire finalmente che si possono toccare senza farle perdere alcuna delle loro proprietà, ciò che distingue il conduttore delle correnti dai conduttori elettrici ordinari. Il conduttore mobile ohe aveva fatto riconoscere al sig. Ampère l'attrazione, e la ripulsione delle correnti, gli fece conoscere che il globo terraqueo, il quale dirige le calamite secondo date direzioni, e che sotto tal risguardo agisce nel modo che il sig. Oersted aveva dimostrato pel filo conduttore, manifesta azione simile su le correnti elettriche. Da un'altra parte il sig. Arago ha dimostrato che il filo conduttore delle correnti attira la limatura di ferro, di acciaio, di niccolo, di cobalto, corpi tutti ne' quali si è riconosciuta proprietà magnetica, ma non attira gli altri corpi leggieri assolutamente come li attirerebbe la calamita. Finalmente è pervenuto a magnetizzare spranghe di acciaio suggettandole a le correnti di un conduttore conformato a spira, ed anche mercè di scariche ripetute e successive della macchina elettrica o della bottiglia di Leyde; di maniera che si può dire, che per le sperienze di questo scienziato, l'identità del magnetismo e dell'elettricità è uno de' punti di fisica i meglio dimostrati. Ci rimane ad esporre qual idea si possa avere su la produzione de' fenomeni di questo genere.

307. Da quanto abbiamo esposto risulta che la calamita, tutt' i corpi magnetici, ed il globo stesso, considerar si debbono come corpi ne' quali han luogo correnti elettriche. Si potrà facilmente render conto dei fenomeni, supponendo che in tutt' i corpi elettrici o magnetici, in virtù della scomposizione del fluido, si stabiliscono correnti d'intorno a ciascuna delle molecole constituenti, ma che queste correnti abbiano luogo ora regolarmente, ora irregolarmente. Nei corpi ov' esse avvengono in modo irregolare, e questi sono i corpi elettrizzati ordinari, potranno accadere fenomeni di accumulamento e di scarica del fluido; in quelli in cui le correnti si stabiliscono in maniera uniforme, e questi sono i corpi magnetici, si manifesteranno i fenomeni che abbiamo esposti: l'azione di questi corpi è la risultante della combinazione di tutte le azioni parziali delle molecole; ciò che il sig. Ampère ha dimostrato

col calcolo dover esistere necessariamente in tal supposizione; si può così comprendere come mai queste azioni, il cui esercizio considerar si può in due differenti direzioni, producano due poli in cui ciascuno di esse si trova al maximum.

308. Quando si è stabilita una corrente elettrica, sia in un filo conduttore, sia in una calamita, oppure quando si lascia agire quella del globo, se vi si suggetta un corpo magnetico, vale a dire un corpo in cui possonsi stabilire correnti analoghe, accadrà che la corrente tenderà a dirigere questo corpo di maniera che la circolazione abbia luogo nella medesima direzione. Per conseguenza essa attirerà i corpi dotati di una medesima corrente e li dirigerà parallelamente a sè; rispingerà i corpi dotati di corrente contraria, e li farà eseguire una semi-rivoluzione se è mobile sul suo asse. Questi fenomeni si riproducono ad ogni momento ne' fili conduttori e nelle calamite di ogni specie. Si riconosce di fatti che le correnti vi si stabiliscono sempre perpendicolarmente all' asse. Perciò intorno al globo terrestre le correnti hanno luogo dall' est all' ovest, e l' osservatore supposto che stia situato in questa direzione, col dorso rivolto verso l'asse della terra, ha il polo australe a dritta, ed il boreale a sinistra; parimente in una calamita di qualsivoglia forma, l' osservatore stando nella medesima posizione relativamente all' asse, le correnti si eseguiranno nella medesima direzione e per conseguenza avrà anche il polo australe a dritta, ed il boreale a sinistra; finalmente anche ne' fili conduttori una delle correnti si stabilisce a dritta, l' altra a sinistra. Riducendo a queste posizioni le diverse azioni delle calamite, si riconosce il più perfetto accordo fra la teorica ed i fenomeni di attrazione e ripulsion magnetica, e si riconosce che le correnti della medesime specie si dirigono costantemente per la medesima direzione. Si comprende allora perchè mai un ago calamitato si situi sempre nel meridiano magnetico, perpendicolarmente a le correnti elettriche.

309. Ad appianare le difficoltà che tuttavia potesse offrire al leggitore questo suggetto, difficilissimo a potersi esporre con chiarezza in sì poche parole, non sapremmo far meglio che trascrivere il seguente brano, estratto da le memorie del sig. Ampère (1). » Considerando tutt' i » fenomeni che offrono le calamite, come fenomeni pura-

(1) Ved. *Supplimento a la Chimica di Thomson*, 1822.

» mente elettrici, il polo boreale ed il polo australe non
» son diversi l'uno dall'altro, se non per la loro dif-
» ferente situazione relativamente a le correnti che circon-
» dano l'asse della calamita. Questa situazione è la stessa
» di quella de' poli del medesimo nome della terra rispet-
» tivamente a le correnti del globo. Or, in questo le cor-
» renti vanno dall'est all'ovest; e per conseguenza situan-
» dovi un osservatore, come l' abbiam supposto situato
» nel filo conduttore, quest' osservatore terrebbe i piedi
» all'est, il capo all'ovest, e la faccia rivolta verso i pun-
» ti esteriori del globo su i quali la corrente elettrica deb-
» be agire. Egli dunque volta le spalle all'asse del globo,
» ed ha il polo australe a dritta ed il polo boreale a sini-
» stra. Vale lo stesso per le calamite, supponendo sempre
» che l'osservatore, il quale è situato fra le loro corren-
« ti, tenga il dorso rivolto all'asse e la faccia ai punti
» esteriori su i quali agiscono tali calamite. Noi dunque
» diciamo che nelle calamite, come nel globo, il polo au-
» strale sta a dritta delle correnti che noi ammettiamo (il
» che può osservarsi nella calamita A B, *fig.* 96). Que-
» sta sola differenza di situazione basta per rendere ragione
» degli effetti contrari che producono i due poli della ca-
» lamita, in tutt' i casi ne' quali non agiscono della me-
» desima maniera. » A B è la direzione dell'asse della ca-
lamita, o del globo, e la direzione anche del filo conduttore.

Dappoichè noi ammettiamo che le correnti elettriche regolari le quali promuovono i fenomeni magnetici eseguiscono movimento di rotazione dall'est all'ovest, in direzione perpendicolare all'asse delle calamite, ossia del globo, e nella direzione stessa de' fili conduttori, è chiaro che queste correnti han luogo sempre nella medesima direzione e manifestano fenomeni di attrazione e di ripulsione, affine di stabilire questa identità di movimento, mentrechè a prima vista si potrebbe tirare un' induzione tutta opposta, dacchè i poli del medesimo nome si rispingono come quei di nome diverso si attirano. Di fatti se si presenta al polo boreale B della calamita, *fig.* 96, il polo boreale di un ago calamitato, stabilendo la posizione indicata dal sig. Ampère nel brano soprascritto, subito rilevasi che la direzione delle correnti nell'ago e nella calamita è opposta, e per conseguenza che si rispingono; per la ragione che, siccome il movimento di rotazione ha sempre luogo dall'est all'ovest, è evidente che le correnti si urtano quando si oppone il polo boreale dell'ago al polo boreale della calamita, e per

conseguenza debbe esservi ripulsione; e per lo contrario che sono identiche quando si presenta il polo australe al polo boreale, e per conseguenza debbe accadere attrazione reciproca.

Le correnti elettriche producono su diversi corpi moltissimi effetti particolari, a lo studio de' quali or attendono i fisici. Così, per citar solo taluni fra gli esempi più rilevanti, il sig. Davy ha riconosciuto non solamente che i liquidi attraversati da correnti acquistano diversi movimenti di rotazione, ma ben anche che al di sotto di ciascun filo conduttore formano un cono prominente dal quale partono delle onde, mentrecchè se vi si avvicina una calamita, i coni si mutano in imbuti ed il liquido acquista un movimento rapido di rotazione (1). D'altra parte il sig. Becquerel, mercè di un sistema di sensibilissimi galvanometri da essolui inventati, ha non è guari riconosciuto che ne' fenomeni capillari, ed in tutte le dissoluzioni (2), si manifestano effetti e correnti elettriche.

Non si può dubitare che le correnti elettriche e l'elettricità ordinaria, come anche la luce ed il calore, non abbiano gran parte ne' fenomeni organici; ma non ancora ne sappiam tanto da potercene occupare in un'opera di questa natura (3).

SEZIONE VI.

Fenomeni della calamita e del magnetismo.

310. La calamita è un minerale naturale di ferro che possiede la proprietà di attirare in distanza e di mantenere fortemente il ferro, l'acciaio, il niccolo, ed il cobalto, precisamente come i fili conduttori in cui dominano correnti elettriche. Dobbiamo conchiuder dunque che ne' corpi calamitati esistono correnti simili, e questa conchiusione è dimostrata dal che le calamite ed i conduttori presentano fenomeni assolutamente simili, dal che in tutte le

(1) Vedete le *Philosophical Transactions*, for 1823, ed il *Bulletin des sciences physiques* del sig. de Férussac, n.° 3. Marzo 1824.

(2) Vedete le Mem. del Sig. Becquerel negli *Annales de Physique et de Chimie*, de' Sigg. Arago e Gay-Lussac.

(3) Vedete negli *Annales de la Société Linnéenne de Paris*, per gli anni 1824 e 25, molte Memorie dell'Autore di questo Compendio, in cui ha tentato di applicare a la vegetazione le nuove teoriche della luce, del calore e dell'elettricità. Per ulteriori dilucidazioni intorno a la nuova teorica elettro-magnetica, vedete le opere del Sig. Ampère.

circostanze un filo conduttore può surrogare una calamita e viceversa. Il ferro dolce non conserva la proprietà magnetica se non fino a tanto che dura la sua unione con altro corpo calamitato : quindi le correnti cessano nell'istante medesimo dell' unione ; ma nella calamita naturale, nell' acciaio, nel niccolo, e nel cobalto, questa proprietà, e le correnti che ne sono la cagione, si conservano per dir così indefinitamente. Questa facoltà si è messa a profitto nell' invenzione delle spranghe calamitate e degli aghi, di immensa utilità nelle bussole: questa medesima facoltà delle calamite, di comunicare le loro proprietà, senza perder nulla della loro energia, ha permesso di moltiplicare a volontà le calamite artificiali, non ostante che i pochi corpi da noi citati sieno i soli suscettivi di acquistare la virtù magnetica.

311. Per l' addietro il solo mezzo di calamitar fortemente una spranga od un ago di acciaio consisteva nello stropicciarlo con una calamita naturale o con una spranga già calamitata ; questi comunicavano le correnti di cui erano dotati, e queste correnti vi si continuavano indefinitamente. Si sapeva pure che i corpi capaci di magnetizzazione addivengono magnetici per l' azione del globo, sopra tutto quando si dispongono nella direzione del meridiano magnetico e sotto l' inclinazione del luogo in cui si sta: il globo agisce in tal caso come un filo conduttore, ma il magnetismo che si comunica per tal guisa non è mai intenso. Ora le sperienze del dotto fisico sig. Arago, nel mentre sono una pruova invincibile a favore della nuova teorica hanno indicata la maniera di magnetizzare i corpi senza soccorso di alcuna calamita ; a quest' uopo basta circondarli con un filo disposto a spira, in cui si stabiliscono correnti elettriche, tanto facendolo comunicare coi due poli della pila, quanto con iscariche successive di una batteria elettrica.

312. Quando si magnetizzano le spranghe secondo l'antico metodo, accade sovente che si formino de' punti in cui i due poli si riuniscono, e per conseguenza tale spranga presenta irregolarità tali che attira e rispinge più volte un ago di pruova. Siffatte perturbazioni si chiamano *punti conseguenti*. È facile prevedere chè questi fenomeni debbonsi al mutamento di direzione delle correnti circolari nelle diverse porzioni di una medesima spranga, poichè magnetizzando una spranga mediante l' elice, vi si possono produrre a piacere punti conseguenti, ravvolgendo il filo

or in una ed ora in un' altra direzione. Abbiam già detto che il globo comunica le facoltà magnetiche ai corpi magnetici abbandonati a loro medesimi per qualche tempo, soprattutto quando stan situati obbliquamente all' orizzonte. Non desterà dunque meraviglia il sapere che la maggior parte degl' instrumenti di ferro o di acciaio, come le chiavi, le palette, le pinzette, ecc., acquistano la virtù magnetica fra le nostre mani, e ne danno pruova quando si suggetta un ago sensibilissimo a la loro influenza.

313. Nell' antica teorica del magnetismo, quando si risguardava come prodotto di una forza che risedesse nei corpi, il globo terrestre or consideravasi come una gran calamita, or si supponeva un nocciolo magnetico centrale, a la cui influenza stessero suggetti taluni corpi, ed in virtù della quale assumessero diverse direzioni. Dopo la fondazione della dottrina dell' elettro-magnetismo, non si può dubitare che il globo non sia una superficie di pila galvanica, i cui poli stanno in comunicazione, e per conseguenza ove regnano correnti elettriche. Di fatti in tutte le sperienze di questo genere, in cui debbe tenersi conto dell'azione del globo, basta somigliarla a quella di un filo conduttore, e calcolare in simil guisa la sua influenza. In questa teorica è inutile la supposizione gratuita di una forza particolare per ispiegare i fenomeni; dappoichè è naturale il pensare, che la soprapposizione di strati eterogenei, quali osserviamo anche a la superficie della terra, produce scomposizione di fluido elettrico assolutamente analoga a quella che ha luogo nella pila, e per conseguenza stabilisce a la sua superficie correnti elettriche ugualmente simili a quelle della pila. S' intenderà anche perfettamente la direzione di queste correnti dall'est all'ovest, osservando ch' essa è presso a poco opposta al movimento della terra, e che questo movimento debbe necessariamentè influir molto su la maniera di agire e di propagarsi del fluido. È noto finalmente, che le variazioni del calore bastano a fare assumere ai corpi differenti stati galvanici. Non arrecherà dunque meraviglia l' osservar molti fenomeni magnetici intimamente ligati a la presenza ed all' apparente camminare del sole intorno alla terra; l'azione di quest' astro debbe necessariamente far variare l' intensità delle correnti, e spiega con ciò le variazioni diurne ed annuali che offre l' ago calamitato.

314. Con la medesima facilità si spiega l' inclinazione e la declinazione. È noto che un ago calamitato sospeso

liberamente si dirige costantemente presso a poco verso il nord ; ed appunto per questa proprietà le bussole, che non consistono in altro se non in aghi calamitati sospesi sur un perno, sono di grande aiuto ne' viaggi di lungo corso. Ma noi abbiam detto che tal direzione si eseguiva a un dipresso verso il nord; questa differenza appunto va sotto il nome di *declinazione* dell'ago ; essa varia secondo i luoghi , ed attualmente è a Parigi di 22° 10' all'ovest; varia anche secondo il tempo (1), e pare suggetta ad un periodo di rivolgimento fra dati limiti. Egli è chiaro che la declinazione debbesi attribuire a la differenza che passa fra l' equatore terrestre e l'equatore magnetico, vale a dire a la direzione delle correnti, cui l' ago è sempre perpendicolare, differenza che può dipendere da la rivoluzione del nostro globo nell' orbita dell' ecclittica, ed offrire un periodo di variazione analogo a quello dell' inclinazione di quest' orbita.

315. Un ago calamitato non prende la direzione del meridiano magnetico solamente , ma si abbassa anche più o meno secondo i luoghi : questo abbassamento vien denominato *inclinazione* dell' ago. Essa è nulla su la linea dell' equatore magnetico; è perpendicolare ai poli magnetici ed intermedia negli altri luoghi. A Parigi , per es. , è di 68° 30' in questo momento, dappoichè essa offre ancora un periodo di variazione del quale s' ignorano i limiti (2). Rispettivamente a la cagione è facile conoscere che l'inclinazione vien prodotta da la tendenza generale delle correnti a disporsi parallelamente e nella medesima direzione, tanto nelle calamite, quanto ne' conduttori elettrici.

316. I viaggi de' naviganti hanno fatto scorgere infinite irregolarità nella declinazione e nell' inclinazione dell' ago, come pure nell' intensità della forza magnetica, intensità che si misura pel numero delle oscillazioni che fa un ago allontanato da la direzione per dato tempo. Dunque la posizione reale de'poli e dell'equatore magnetici non è esattamente determinata, non ostante numerose ricerche istituite su questo argomento dai dotti, tanto per via dell' osservazione, che del calcolo. Ma la soluzione di tal quistione poco importa a la teorica ; ed è facile intendere

(1) Si è riconosciuto che la declinazione dell'ago è soggetta a variazioni non solo annue, ma diurne ancora : tanto risulta da le osservazioni di Cassini, di Canton, Humboldt, Arago ec. — *I Tradut.*

(2) Secondo le osservazioni di Hansteen, l'ago d'inclinazione pruova, al pari dell'ago di declinazione, delle variazioni annue e diurne. — *I Tradut.*

che la constituzione de' continenti e degli strati terrestri può, anzi debbe influire localmente sui fenomeni generali.

317. Termineremo questo capitolo prevenendo il leggitore contro la pretesa influenza di talune simpatie esistenti fra gli esseri animati: la maniera onde vorrebbonsi spiegare è assurda, quant'oscura. Sotto il nome di *magnetismo animale* s' indica una serie di fenomeni che poggiano sul cerretanismo e su la credulità. Essi non son meritevoli di fissare l' attenzione del fisico, dappoichè non reggono a lo esame della ragione. Se l' elettricità sembra molto contribuire all' organizzazione degli esseri ed ai fenomeni della vita, non saranno però mai i concetti dell'immaginazione che arriveranno a scoprire le leggi e'l modo di sua azione, sibbene lo studio profondo delle funzioni tutte di questi esseri, come pure delle leggi generali dell' elettricità. Questa strada debbe battere il dotto, il naturalista, ed il fisico. Sol quando osservatori filosofi, e veri dotti, si occuperanno di queste importanti ricerche, si potrà sperare di veder dileguata l' oscurità in cui sono avvolti al presente i sopracitati fenomeni.

FINE DEL MANUALE DI FISICA.

Crediamo dover rendere compiuto il *Manuale di fisica* con un riassunto più preciso della teorica dell'*elettromagnetismo*, e coll' estratto dell' importante Memoria dei sigg. Colladon e Sturm su la compressibilità de' liquidi.—T. R.

TEORICA

ELETTRO-MAGNETICA.

Avutasi cognizione dell' importante scoperta del sig. Oersted, si dovè ricercare se l' azione della corrente elettrica fosse attrattiva o ripulsiva, o se fosse direttrice, come quella della calamita terrestre; numerose sperienze furono instituite ad oggetto di riconoscere questo modo di deviazione (1).

1.° Stabilita la corrente in maniera di procedere dal nord al sud, si fece passare il filo di congiunzione per sopra un ago mobilissimo; all' istante questo venne deviato, il suo polo australe (quello che guarda il nord) si voltò vers' oriente;

2.° Rivolgendo la corrente, e facendola procedere dal sud al nord, il polo australe venne rispinto verso occidente;

3.° Procedendo la corrente dal sud al nord, si fece passare il filo per di sotto, il polo australe si rivolse ad oriente;

4.° Procedendo la corrente dal nord al sud, si fece passare il filo anche per disotto; il polo si rivolse verso occidente.

Per conoscere all' istante la direzione che debbe assumere l'ago, si suppone un uomo, steso nella corrente elettrica coi suoi piedi da la parte del zinco della pila, con la testa da la parte del rame, e con gli occhi rivolti verso il centro dell'ago; or questo devierà sempre per far trovare il polo australe a man sinistra; comunque si situi il filo di congiunzione, la formola resterà sempre vera (2).

---

(1) Per ben intendere la cosa debbe supporsi che nelle pile la corrente elettrica procede da lo zinco al rame, val dire che sia positiva.

(2) In tutte le sperienze l' ago non è perfettamente perpendicolare a la direzione del filo di congiunzione; l' azione magnetica del globo impedisce che si otteuga questo risultamento. Bisogna dunque sottrarre l'ago a quest'azione; a ciò ottenere basta fissarla perpendicolarmente ad un asse, cui siasi data la direzione dell' ago d'inclinazione.

La sperienza ha fatto conoscere che questa specie di azione non derivava affatto da la materia dell' ago ; non dipende neppure da la materia del filo di conginnzione , ovvero da la sua densità , dipende soltanto dall' intensità magnetica dell' ago e da la forza della corrente.

Schweigger ha profittato di quest' osservazione nel construire il suo moltiplicatore , instrumento mercè del quale si ottiene un' intensità tanto più grande quanto più sono le parti del filo di congiunzione che trovansi dirimpetto all' ago.

La forza delle correnti agisce non solo su le calamite , ma benanco su i corpi suscettivi a divenir calamita : per questo la limatura di ferro si attacca al filo di congiunzione per tutto il tempo che dura la corrente. L' acciaio, tutt' i corpi magnetici dotati di forza coercitiva acquistano o perdono la facoltà magnetica per l' azione delle correnti ; bisogna conchiudere che la corrente elettrica agisce sul fluido magnetico, sia libero, che combinato.

Il sig. Arago che ha scoperto questi fatti importanti, procedè a la sperienza nella seguente maniera:

Ravvolse a forma di elice la parte media del filo di congiunzione , a fin di moltiplicarne l' azione , v' introdusse, in un cannello di vetro , una spranga di acciaio, questa spranga acquistò tutte le proprietà di calamita artificiale. Per determinare in qual maniera si trovan situati i poli in una spranga in tal maniera calamitata, bisogna ricordarsi che la corrente rispinge sempre a sinistra il polo australe.

Supponghiamo, per es. , un' elice dextrorsum; (1) se la corrente procede dall' alto in basso dell' elice, l' osservatore situato nella corrente ha la sinistra rivolta verso il basso dell' elice , da questa parte dunque respingerà egli il polo australe , dunque l' estremità della spranga che vi è situata si rivolgerà verso il nord.

Si può anche prevedere quello che accadrà quando si rimette nella medesima elice la spranga calamitata, ma avendo cura di cangiare i suoi poli ; la corrente per la sua azione distruggerà a primo istante la facoltà magnetica della spranga , e se in questo stato vien ritirata non più darà segno di polarità ; se per più lungo tempo si lascia sotto l' influenza della corrente , i poli si troveranno mutati.

---

(1) La direzione della spira si estima da giù in sù.

Se s'introducesse una spranga in un'elice, la cui mettà fosse a parte destra, e l'altra mettà a sinistra, sempre nelle medesime circostanze, la corrente che discenderebbe nell'elice con la sinistra rivolta in prima verso basso, rispingerebbe il polo australe da questa banda, quindi arrivata a la mettà dell'elice, cangerebbe direzione, avrebbe allora la sinistra rivolta a la parte più alta dell'elice, e per conseguenza rispingerebbe il polo australe verso la medesima banda, ossia verso il centro della spranga. Egli è evidente che una tale spranga attirerebbe il polo boreale per la parte media, e che le due estremità lo rispingerebbono. Mediante l'elice, e cangiando direzione si possono produrre in una spranga quanti punti conseguenti si vogliono. Se si adoperano due elici simili, una ravvolta a destra, l'altra a sinistra; le azioni si distruggono reciprocamente.

Il sig. Arago ha parimente magnetizzate le spranghe messe dentro l'elici mediante scariche successive della bottiglia di Leyde:

La sperienza ha fatto riconoscere che la forza delle azioni elettro-dinamiche decresce in ragione inversa della distanza; ma se si considera soltanto una porzione infinitamente piccola della corrente, il sig. Biot ha trovato che ha luogo la stessa legge che per gli altri fluidi, vale a dire la ragione inversa del quadrato delle distanze. L'apparecchio che serve a verificare queste leggi, consiste in un ago calamitato leggiero, corto e parallelogrammico; con un'altra calamita si neutralizza la forza terrestre, quindi si fa passare un filo di congiunzione in maniera che l'ago si muova per l'influenza della corrente, si devia in seguito l'ago e si numerano le oscillazioni ch'eseguisce a diverse distanze.

Ma siccome abbiam già veduto, l'intensità della corrente e l'intensità magnetica dell'ago influiscono sull'intensità della forza elettro-dinamica; quindi si sono dedotte le tre leggi che seguono:

La forza segue 1.°, la ragione inversa del quadrato delle distanze;

2.° La ragion diretta delle intensità delle correnti;

3.° La ragion diretta dell'intensità del magnetismo.

Il sig. Faraday, guidato dall'osservazione del sig. Wollaston su la cagione di queste azioni, è pervenuto ad imprimere ad una calamita un movimento di rotazione, ed anche di traslocazione. Questo movimento ha sempre luogo secondo la formola. Per produrlo basta che uno dei poli

venga sottratto all' azione della corrente. È facile intenderne la teorica. Supponghiamo una corrente fissa e discendente in un vase pieno di mercurio; se si situa verticalmente in questo vase una spranga il cui polo anstrale rimanga a la superficie, già si prevede che la corrente lo respingerà verso la sua sinistra per un dato tratto. Ma siccome si suppone che la corrente procede sempre di rimpetto alla spranga, a misura che questa si volterà, la corrente le terrà dietro e la respingerà sempre verso la sua sinistra. Questo movimento di traslocazione potrebbe da sè solo spiegare il movimento dei pianeti.

Lo studio delle calamite su le correnti mobili è inverso del precedente.

Siccome ogni reazione è uguale ed opposta all'azione, già si prevede che i fenomeni osservati su le calamite si riproducono su le correnti.

Oltre le forze direttrici che noi abbiamo studiate, si è osservato che le calamite e le correnti hanno fra loro anche una forza attrattiva e ripulsiva. Che sia così, se si situa il filo di congiunzione di maniera che l' asse della spranga faccia con esso un angolo retto; se dippiù il polo australe sta a la sinistra della corrente, evvi attrazione, purchè la dritta che misura lo spazio fra il filo e l'asse della calamita passi fra i poli.

In posizione contraria avrebbe luogo ripulsione. Dirimpetto al polo l' azione è nulla.

Il sig. Ampère, cui debbesi la teorica elettro-dinamica, ha osservato 1.° che due correnti si attirano quando si dirigono per lo medesimo verso, e si rispingono quando procedono in contraria direzione, e che quest' azione ha luogo anche quando i fili non sono paralleli. Basta che i fili abbiano la medesima direzione, perchè abbia luogo attrazione, basta che abbiano direzione opposta, perchè vi sia ripulsione;

2.° Che se si frappone una corrente mobile tra due correnti fisse, tutte e tre dirette nel medesime verso, la corrente di mezzo resta in equilibrio se sta giusto in mezzo a le altre due;

3.° Che una corrente mobile ascendente, situata fra due correnti fisse discendenti, vien rispinta dall' una e dall' altra banda;

4.° Che una corrente sinuosa agisce come una corrente dritta.

Situò egli due correnti a croce, di maniera che non

potevano nè attirarsi nè rispingersi; osservò che una delle correnti, se sono tutte e due dirette nel medesimo verso, assumono direzione parallela e simile a quella della seconda; se le direzioni sono contrarie, le correnti si situano perpendicolarmente l' una all' altra.

Un movimento di rotazione si ottiene anche per l'azione di una corrente fissa sur una corrente mobile.

La teorica elettro-dinamica del sig. Ampère si applica benissimo a tutt' i fenomeni che si sono osservati finoggi, e va esente da tutte le obiezioni, cui le spiegazioni date da molti altri scienziati vanno suggette. In vece di risguardare con Faraday e Barlow i movimenti circolari delle calamite e de' conduttori come fatto semplice, egli risguarda per legge fondamentale, per fatto primitivo le azioni attrattive e ripulsive delle correnti elettriche, e mediante un ipotesi particolare necessaria per la constituzione delle calamite, spiega facilmente tutt' i fenomeni dell' elettro-magnetismo e del magnetismo. Egli suppone che tutt' i corpi magnetici, compreso il nostro globo, ripetano le loro proprietà magnetiche da le correnti elettriche che circolano continuamente dintorno a le loro molecole, sempre nella medesima direzione rispettivamente all' asse di questi corpi.

Supponghiamo un cilindro di ferro tagliato da numero infinito di piani perpendicolari a la sua base; supponghiamo dippiù che, in virtù di un' azione incognita fra le molecole, circoli perpetuamente una corrente di elettricità positiva intorno a questi circoli, e che la direzione di questa corrente sia sempre la stessa; se nel medesimo tempo si ammette che circoli per l' opposto verso una corrente di elettricità negativa, tutt' i fenomeni deriveranno da questa legge come altrettanti corollari, e gli effetti del magnetismo rientreranno nel dominio dell' elettricità. Per l' intelligenza di questa teorica è importante farsi idee corrette sull' azione reciproca delle due correnti circolari ossia de' circuiti, dappoichè sono essi considerati come gli elementi di ogni azione magnetica. Quest' azione è il risultamento delle forze esercitate da tutte le parti della corrente, e constituisce due forze ch' emanano dal centro del circuito, di opposta specie, da ciascun lato del piano del circolo. Supponghiamo un circuito in un piano verticale che passi per l' occhio dell' osservatore situato fuora del circolo, e la corrente che discende dal lato il più prossimo all' osservatore, allora la forza esercitata sul lato destro del circolo, considerata come forza magnetica, assumerà il nome

di polo australe; la forza opposta si dirigerà verso il sud e si chiamerà polo boreale. Se due correnti circolari si mettano in relazione pe' lati affetti de' medesimi poli, avrà luogo ripulsione, dappoichè le correnti si dirigono in senso opposto, se per lo contrario sono avvicinate pe' lati affetti de' poli opposti, avrà luogo attrazione, dappoichè le correnti hanno la medesima direzione.

Si aumenta l' intensità di queste forze combinando la potenza di più circuiti, e ciò col ravvolgere una corrente a spira. Tale spira può considerarsi come una calamita, i cui poli stan situati al centro di ciascun disco.

Il sig. Arago ha construite coll' elici delle calamite energiche quanto le ordinarie; ravvolgendo il filo conduttore nell' interno dell' elice ha neutralizzata tutta l' azione longitudinale, di maniera che la sola forza attiva consisteva in quella delle correnti che circolano intorno all' asse dell' elice.

Il Sig. Delarive ha construtto uno strumento adattatissimo all' osservazione de' fenomeni di attrazione e di ripulsione delle calamite e delle correnti; sur un bacino pieno di acqua ha situato un galleggiante circolare composto di due metalli che formano una corrente: in questo circolo ha passata una calamita, avendo cura che la direzione delle correnti fosse opposta; il galleggiante venne rispinto; arrivato all' estremità della calamita, si voltò, e siccome allora le correnti erano dirette nel medesimo verso, ossia, ciò ch' è lo stesso, siccome i poli di nome opposto si trovarono a fronte, il galleggiante ritornò su la calamita e si fermò a la metà della sua lunghezza.

Magnetismo terrestre.

Il sig. Ampère spiega l' azione della terra su le calamite, supponendo che regni nel meridiano magnetico una corrente elettrica che segue la medesima direzione; che questa corrente abbia la proprietà delle altre, e che perciò debbono anche risultarne due polarità, prodotto delle forze che abbiamo esaminate. Or se, com' egli suppone, la corrente si muove dall' ovest all' est, il nord resterà a la sua sinistra.

L' azione direttrice che agisce su le calamite a la superficie della terra risulta, non già da la parte della terra verso la quale si dirigono l' estremità, ma dall' azione delle correnti all' equatore magnetico, e da la tendenza delle

correnti stesse della calamita per metterla nella posizione che abbiam veduto appartenerle; questa posizione è precisamente il piano ch' è perpendicolare a la direzione magnetica, vale a dire all'asse dell' ago d' inclinazione; dappoichè siccome le correnti elettriche dell'ago stanno ad angolo retto cogli assi, ne segue che quando da sè medesimo prende le direzioni rispettivamente a le correnti dell' equatore, quest' asse debbe rivolgersi verso il nord e verso il mezzodì.

La natura di quest' influenza potrà più facilmente esser compresa se si adopera un semplice circuito annulare; se desso può muoversi liberamente, si osserva che prende sempre la sua direzione in un piano discendente verso sud, tagliando l' orizzonte in una linea che passa dall' est all' ovest.

ESTRATTO

Della memoria de' sigg. Colladon e Sturm di Ginevra, su la compressibilità de' liquidi.

Le ricerche su la compressibilità de' liquidi offrono il vantaggio di esser paragonabili fra loro e suscettive di alto grado di precisione, ove si adoprino le convenevoli precauzioni e di buoni apparecchi facciasi uso. Non abbisogna però credere che siffatte ricerche sieno scevre di difficoltà, e la pruova più evidente n'è appunto, che poche sperienze sono state fatte intorno a questo argomento, in paragone di quelle eseguite per ogni altro ramo della fisica. La necessità di riunire in un medesimo apparecchio sensibilità e forza straordinaria cagiona numerosi accidenti che possono stancare ogni uomo dotato di moltissima pazienza.

La memoria de' sigg. Colladon e Sturm è divisa in quattro parti.

1. Sperienze su la compressibilità de' liquidi;

2. Sperienze che si riferiscono a lo sviluppamento del calore dovuto a la compressione;

3. Influenza della pressione su la conducibilità dei corpi.

4. Misura della velocità del suono nell' acqua dolce.

Gli autori si sono serviti del metodo di Canton perfezionato da Oersted. Si sono serviti di apparecchi di vetro aperti all' estremità. Nel corso delle loro sperienze hanno tenuto esatto conto della contrazione del vetro, e sono arrivati a valutarla con un metodo ingegnosissimo; hanno evitato i mutamenti di temperatura che potevano produrre

tutt' altro fuorchè la compressione. Si son preservati dagli errori che potevano cagionare l'aderenza del liquido a le pareti, la diminuzione di pressione dovuta a lo stropiccio della colonna, finalmente la picciola quantità di aria che resta aderente al vetro.

Hanno cercato di determinare con esperienze preliminari, se i liquidi sieno soggetti ad una legge generale di compressione, a fin di potere, nell' esperienze susseguenti, prevedere i risultamenti.

In primo luogo han creduto riconoscere, facendo sperienze sull'acqua distillata a 0°, che i liquidi nel contrarsi seguitano una legge analoga a quella dell' allungamento de' corpi solidi per opera della distensione; ma l'etere solforico, la cui compressibilità diminuisce col crescere delle atmosfere (1), li ha obbligati a riconoscere la non esistenza di questa legge.

La più difficile condizione da adempirsi in cosiffatte sperienze è quella che si riferisce a le variazioni di temperatura. Di fatti, secondo i sigg. Colladon e Sturm, per la maggior parte de' liquidi, compressioni di 10 a 15 atmosfere non producono se non contrazione equivalente a quella che produce l' abassamento di temperatura di un grado.

Tutt' i risultamenti sono stati calcolati a la temperatura di 0° liquido, ossia del ghiaccio fondente.

Ecco questi risultamenti pel mercurio, per l' acqua, per l' alcool, etere solforico, carburo di zolfo, etere nitrico, acido solforico, acido nitrico, per l' acqua satura di ammoniaca, per l' acido acetico, etere, per l' essenza di trementina, ecc.

Mercurio.

Le sperienze sono state spinte fino a 30 atmosfere.
Compressibilità per ogni atmosfera . 5, 03 milionesi.
Acqua stillata e deaerata 51, 3
Acqua non deaerata 49, 5

Alcool.

In questo liquido si osserva una diminuzione sensibile di compressibilità per uguali accrescimenti di pressione. Le

(1) Si riscontri il §. 126 — *I Tradutt.*

contrazioni più deboli stanno a le più forti:: 138: 128. Variabile per ciascun atmosfera, da 96, 2. 93, 5. 89 miliones.

Etere solforico.

Come abbiam detto dell'alcool, la compressibilità di questo liquido diminuisce per l'aumento di pressione; varia dunque da 133 a 122 miliones.

Lo stesso corpo ad 11°, 4 da 150 a 141

Acqua satura di ammoniaca	38
Etere nitrico a 0°	71 , 5
Etere acetico da . . . 77, 3 a	71 , 3
Etere idroclorico da 1 a 3 atmosfere .	85 , 9
Da 6 a 12	82 , 25
Acido acetico.	42 2
Acido solforico concentrato	32

Sotto venti atmosfere la sua condensazione equivale ad un grado della sua contrazione.

Acido nitrico.	32 , 2
Essenza di trementina	73

Nota. Si osserva che il liquido suggettato a la pressione arriva lentamente al livello che debbe occupare; rispettivamente al calore sviluppato da la compressione, gli autori son pervenuti a questo risultamento:

1.° Che per una compressione istantanea di 40 atmosfere l'acqua non si eleva sensibilmente di temperatura;

2.° Sull'alcool e sull'etere solforico, una pressione di 36 e 40 atmosfere, operata in più di un quarto di secondo, non innalza la loro temperatura più di un grado centigrado; ma una compressione più rapida, come quella che può produrre un colpo di martello, innalza la temperatura dell'etere solforico da 4 a 6.°

Credono dippiù poter conchiudere da le loro numerose sperienze, che una pressione di 30 atmosfere non muta la conducibilità elettrica del mercurio, di una soluzione concentrata di ammoniaca e di acqua distillata; che produce una diminuzione nella conducibilità dell'acido nitrico, e che quest'effetto può spiegarsi per l'ostacolo che la pressione oppone a la sua scomposizione.

Il sig. Colladon ha fatto pure numerose ricerche su la velocità del suono ne' liquidi, e su la sua intensità. Queste sperienze sono il complemento di quelle fatte su la compressibilità.

Il sig. Beudant aveva trovato che la velocità media del suono nell' acqua di mare è di 1500 metri per secondo. Il sig. Colladon ricercò nelle acque del lago di Ginevra qual fosse questa velocità nell' acqua dolce (1).

Egli si servì di una campana metallica alta sette decimetri, la quale stava sospesa ad un battello, ad un metro sott' acqua; si producevano i suoni mediante una leva piegata a gomito.

L' osservatore per sentire il suono, in vece d' immergere il capo sott' acqua, per una prima esperienza si servì di un cannello di latta sottile, lungo tre metri, chiuso a la parte inferiore, e che taluni pesi mantenevano verticale nell' acqua, di maniera che l' estremità superiore usciva soltanto per cinque o sei decimetri. A due mila metri i colpi risultavano molto distinti, anche alzando l' orecchio cinque o sei decimetri al di sopra del cannello.

Ecco le considerazioni per le quali questo metodo è stato preferito.

Quando si fa risuonare un corpo al di sotto della superficie, una persona situata fuora dell' acqua, ed in poca distanza, sentirà benissimo il rumore prodotto da la percossa di questo corpo. Se questa persona si allontana radendo la superficie dell' acqua, osserverà una diminuzione rapidissima nell' intensità del suono; e finalmente a la distanza di due o trecento metri, non più sentirà assolutamente alcun rumore fuora dell' acqua, anche quando situasse l' orecchio vicinissimo a la superficie del liquido. Nondimeno se a tali distanze, ed in altra molto maggiore, questa persona immergesse la testa nell' acqua, sentirà immediatamente il rumore in maniera distinta.

Sembra dunque che i raggi sonori che vengono ad incontrare la superficie sotto un angolo acutissimo, non passano nell' aria, ma soggiacciono ad una specie di riflessione nell' interno della massa liquida. Il sig. Colladon opinò che tagliando questa massa con un piano verticale, l' ondolazione si dovrebbe comunicare al di là di questo piano, e che per conseguenza, se si trovasse dell' aria dietro questo piano, il suono vi si trasmetterebbe, e sarebbe in tal caso sentito nell' aria circostante.

Per la seconda sperienza lo stesso fisico fece uso di un cannello di cinque metri, terminato nella parte inferiore da un allargamento, la cui imboccatura era verticale e chiusa

(1) Si riscontri il §. 156. *I Tradutt.*

da un piano metallico della superficie di circa venti decimetri quadrati. L' estremità superiore aveva la forma di un cono con una sezione obbliqua all' asse per situarvi l' orecchio, senza che si trovasse impedita la posizione dell' osservatore.

Le sperienze vennero replicate sur una superficie di 13487 metri; il suono perveniva da un punto all' altro in circa 9", 4, ciò che dà per ogni secondo una velocità di 1435 metri.

Il suono di una campana, dice il sig. Colladon, quando è percossa sott' acqua, inteso in qualche distanza, non rassomiglia affatto al suono di una campana nell'aria. Sotto acqua si ode soltanto un rumore netto e breve simile a quello di due lamine di coltello battute l' una contro l' altra. Allontanandosi da la campana, il romore conserva questo carattere, diminuendo d' intensità. La percezione di un rumore tanto secco e breve, derivando da una distanza di più leghe, cagiona un sentimento analogo a quello che si pruova la prima volta che in un telescopio si veggono oggetti lontani che sembrano distintissimi.

Però a la distanza di circa 200 metri, s' incomincia a distinguere il fragore della campana ad ogni colpo. Il fenomeno nell' aria è quasi interamente opposto; dappoichè a grande distanza si ode solamente il ronzio della campana.

Il medesimo suono udito fuora dell'acqua, era molto più prolungato; si riconosceva benissimo il suono di una campana.

Questo fenomeno si spiega per la natura delle vibrazioni sonore nell' acqua: è noto di fatti che nel movimento vibratorio di un fluido, la durata dell' agitazione di una molecola è uguale al raggio della porzione sferica del fluido che si suppone primitivamente scosso all' origine del movimento, diviso per la velocità della trasmissione del suono. La prima di queste due qualità è necessariamente più piccola nell'acqua che nell' aria; la seconda per lo contrario è più grande; donde segue che la durata del suono debb' essere molto minore quando vien trasmesso per mezzo dell' acqua, che quando si propaga per l' aria.

La seconda osservazione è relativa a la non trasmissione del suono dell' acqua nell' aria, quando le vibrazioni che si propagano nell' acqua arrivano a la sua superficie sotto un angolo acutissimo. Come ho di già detto, in distanza minore di 200 metri, il suono della campana percossa nell'acqua si udiva facilmente nell' aria; ma in più grande distanza la sua intensità decresce rapidissimamente. Finalmente a 4 o 500 metri è impossibile distin-

guere il più leggiero rumore, anche vicinissimo a la superficie dell'acqua. Intanto immergendo la testa per alcuni centimetri, oppure immergendo un cannello pieno di aria, come io ho praticato, si ode il rumore forte e distinto di ciascun colpo; e si ode anche in distanza dieci o venti volte più grande. In queste sperienze la campana era situata 2 metri al di sotto del livello dell'acqua. Egli è evidente che a la distanza di 500 metri le vibrazioni arrivavano a la superficie sotto un angolo sensibile, aumentato anche da la curvatura della terra. Le vibrazioni che hanno luogo nell'acqua non si comunicano dunque all'aria, quando la loro direzione incontra la superficie sotto un angolo molto piccolo, fenomeno analogo a quello che ci ha offerto la luce a la superficie di separazione di due mezzi disuguali per densità.

L'agitazione prodotta da le onde non altera la durata del suono, nè della sua velocità, quando si adopera un cannello per ascoltare. L'ultima delle tre summenzionate sperienze è stata fatta in tempo tempestoso. Il vento, debole in sulle prime, si era talmente accresciuto, che convenne adoperar molte ancore per mantenere il battello. Nonostante il rumoreggiare delle onde, io poteva tuttavia distinguere molto bene il suono di ogni colpo, e la durata della sua trasmissione non venne alterata, siccome si può riconoscere dai risultamenti.

Un'ultima osservazione da me fatta si riferisce all'influenza dei tramezzi su la intensità del suono. Avendo prescelte due stazioni poco lontane e situate di maniera che la linea retta che le univa, radesse l'estremità di un grosso muro che s'innalzava al di sotto del livello dell'acqua, feci battere regolarmente la campana, e con colpi di uguale intensità. Ascoltando allora col cannello, alternativamente da ciascun lato della linea che radeva l'estremità di questo muro, m'è sembrato aver luogo differenza notabilissima d'intensità, secondo che quest'estremità era o no interposta fra la campana ed il cannello. La trasmissione del suono nell'acqua differisce dunque sotto tal risguardo da quello che avviene nell'aria, e si approssima a la maniera di propagazione della luce. Quest'influenza di un tramezzo nel diminuire sensibilmente l'intensità del suono merita di essere ben notata, ed offre nuovo punto di ravvicinamento fra i fenomeni della propagazione del suono ne' liquidi e quelli che si osservano nella propagazione della luce.

T. R.

TAVOLA

DELLE MATERIE

LIBRO PRIMO

LIBRO SECONDO.

LIBRO TERZO.

FINE DELLA TAVOLA.

ERRATA			CORRIGE
Car. 1.	v. 12	faccoltà	facoltà
8	21	determinarne	determinare
34	11	corpo	corpo a
61	6	quelli	quelle
68	6	differenza	differenza dell' altezza
86	28	vapore	calore

Manuale di Fisica Tav. I

Tav. 4.